



UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA
ESCOLA NACIONAL DE SAÚDE PÚBLICA



Gonçalo de Brito
Ramos

**Contributo para o
desenvolvimento de um
protocolo de análise cinemática
para estudo e otimização do
swing do golfe em contexto
laboratorial**

Dissertação de Mestrado em Fisioterapia
Relatório de Projeto de Investigação

Relatório do Projeto de Investigação apresentado para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Fisioterapia, área de especialização em Fisioterapia em Condições Músculo-Esqueléticas realizada sob a orientação científica do Professor Doutor Ricardo da Costa Branco Ribeiro Matias.

O projeto de investigação aqui apresentado não teve apoios financeiros.

DECLARAÇÕES

Declaro que este Relatório de Projeto de Investigação é o resultado da minha investigação pessoal e independente. O seu conteúdo é original e todas as fontes consultadas estão devidamente mencionadas no texto, nas notas e na bibliografia.

O candidato,

Setúbal, 22 de dezembro de 2015

Declaro que este Relatório de Projeto de Investigação se encontra em condições de ser apresentada a provas públicas.

O orientador,

Setúbal, de dezembro de 2015

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar ao Professor Doutor Ricardo Matias. O seu conhecimento, energia, estímulo, apoio e desafio, tiveram neste trabalho um papel basilar e indispensável.

Em grande medida, o agradecimento mais sentido é para os meus pais e ao meu irmão. O incentivo à formação, ao conhecimento, à dedicação e os exemplos que representam são as minhas maiores influências, pessoais e profissionais, sem as quais não estaria nesta etapa.

Agradeço ainda de forma próxima à Carla Cruz. No dia-a-dia, é quem mais me apoia e de mais perto, sendo este trabalho o culminar de um processo que há muito nos acompanha aos dois.

Em especial, um agradecimento à minha filha, que prestes a nascer, terá sido o maior estímulo ao avanço determinado e definitivo deste trabalho.

No desenvolvimento do trabalho, especialmente na parte mais prática deste, também uma palavra de grande agradecimento ao Rodrigo Martins. A sua participação, disponibilidade, prontidão e conhecimento foram inexcedíveis.

Agradeço também ao Tiago Cruz, que várias vezes participou ao longo do trabalho.

Um agradecimento final aos que a longo da minha vida profissional me influenciaram e acompanharam. Os professores, os colegas, e os utentes.

RESUMO

CONTRIBUTO PARA O DESENVOLVIMENTO DE UM PROTOCOLO DE ANÁLISE CINEMÁTICA PARA ESTUDO E OTIMIZAÇÃO DO SWING DO GOLFE EM CONTEXTO LABORATORIAL

GONÇALO RAMOS

Introdução: O swing é o gesto dominante do golfe e tem sido abordado pela comunidade científica com vista à otimização da performance do jogador. A literatura aponta diversas variáveis como possíveis influenciadoras do swing, mas é patente a falta de consenso sobre quais as relevantes do ponto de vista científico. Carece também existência de um protocolo que estabeleça a sistematização dos processos para recolha de dados cinemáticos do swing. **Objetivos:** contribuir para o desenvolvimento de um protocolo de avaliação cinemática tridimensional do swing em contexto laboratorial, com vista à sua otimização. **Metodologia:** Numa primeira fase foi realizada uma revisão crítica da literatura no sentido de perceber que variáveis são apresentadas como componentes do swing, e quais as recomendações. Numa segunda fase, foi feita uma análise crítica da literatura, no que toca ao valor estatístico. Na terceira fase, a lista de variáveis extrapoladas, foi apresentada a um jogador e treinador de alto rendimento para obter o seu comentário. Para o desenvolvimento do protocolo propriamente dito, é utilizado um sistema com tecnologia magnética e inercial para recolha de dados cinemáticos (Xsens), que posteriormente são trabalhados num software para o efeito (Visual 3D), em que é criado um modelo adaptado ao golfe, e que faz a computação das variáveis identificadas, e que procura comparar as melhores repetições de swing, intra-jogador, em oposição às restantes repetições. **Resultados:** foi criada uma lista de variáveis a estudar segundo 8 eventos do swing apresentados na literatura. Todas as variáveis extrapoladas tiveram, no estudo de origem, valores de $p < 0,05$. A computação destas variáveis traduz-se num resultado gráfico a ser apresentado aos utilizadores, e que reflete o estudo pretendido por estes. **Conclusão:** este trabalho contribui para o desenvolvimento do protocolo, ressaltando a necessidade de desenvolver mais investigação para determinar que variáveis devem ser estudadas, e qual o melhor modo de as computar e apresentar.

PALAVRAS-CHAVE: biomecânica, cinemática, golfe, aprendizagem motora, feedback, otimização, performance

ABSTRACT

A CONTRIBUTION TO THE DEVELOPMENT OF A KINEMATIC ANALYSIS PROTOCOL FOR THE STUDY AND OPTIMIZATION OF GOLF SWING IN LABORATORY

GONÇALO RAMOS

Introduction: The swing is the main skill of golf. It has been studied by the scientific community to optimize the golfer performance. The current published literature still lack consensus as to which variables are more relevant to describe and optimize the golf swing. Also there isn't a protocol with standards to the systematization of the process of recording kinematic data of the swing. **Objectives:** to contribute to the development of a tridimensional kinematic protocol to assess and optimize the golf swing. The protocol shall study the swing within each golfer, in order to retrieve his best swing repetitions. **Methodology:** First, we studied the literature in order to get the variables presented as swing components, and which are the recommendations for them. Then, in a second step, we made a critical analysis of the literature, concerning to the statistic value of variables. Thirdly a high level golfer and coach were presented with a list to comment the extrapolated variables. To the development of the protocol, we used an inertial and magnetic technology system to record the kinematic data. This data was later used in another software (Visual 3D) in which a golf kinematic model was created, in order to compute the variables, and to compare the golfer best swing repetitions, against his others own swings. **Results:** we created a list of variables, considering 8 swing events found in the literature. All the extrapolated variables had a p value $<0,05$ in the studies of origin. The variables computation result is presented to its users as a graphic output, and reflects the users goal of study. **Conclusion:** this work contributes for the development of the protocol, but more investigation is needed to determine which variables should be studied, and the best way to work and present them.

KEYWORDS: biomechanics, kinematics, golf swing, motor learning, feedback, optimization performance

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DA LITERATURA	2
2.1 Cinemática	2
2.2 Golfe e suas características	5
2.3 Variáveis cinemáticas e relação com o swing.....	9
2.4 Variabilidade do swing	10
2.5 Sistemas de captura de movimento de apoio ao treino desportivo.....	12
2.6 Sistemas de captura de movimento.....	13
2.7 Biomecânica em Fisioterapia.....	15
2.8 Considerações para definição dos objetivos do trabalho.....	15
3. METODOLOGIA.....	17
3.1 Objetivos.....	17
3.2 Instrumentação	17
3.3 Procedimentos do protocolo	20
3.3.1 Variáveis de interesse	20
3.3.2 Modelo cinemático	21
3.3.3 Procedimentos experimentais.....	22
3.4 Métodos de análise de dados	25
4. RESULTADOS	26
4.1 Variáveis.....	26
4.1.1 Recomendações genéricas do swing pelo literatura	26
4.1.2 Artigos em análise para exportação de variáveis.....	31
4.1.3. Questionário de avaliação de treinadores e jogadores.....	40
4.2 Relatórios de avaliação segundo protocolo desenvolvido	41
5. DISCUSSÃO.....	44
6. CONCLUSÃO.....	59
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	61
8. LISTA DE FIGURAS E TABELAS	72
9. APÊNDICES.....	73
9.1.1 APÊNDICE A1: Fichas de registo da avaliação do swing para treinadores	73
9.1.2 APÊNDICE A2: Fichas de registo da avaliação do swing para jogadores.....	80
9.1.3 APÊNDICE B: Questionário a treinadores e jogadores sobre variáveis e output do protocolo	87

Lista de Abreviaturas

2D – Duas dimensões

3D – Três dimensões

ATM - Artefactos de tecidos moles

HCP - Handicap

ISB - International Society of Biomechanics

IMMU - Inertial and magnetic measurement unit

LMH - Laboratório de Análise de Movimento Humano da Escola Superior de Saúde do Instituto Politécnico de Setúbal

RMSE – Root mean square error

SCG - Sistema de coordenadas global

SCL - Sistema de coordenadas local

VCT - Velocidade linear da cabeça do taco

1. INTRODUÇÃO

O golfe é um desporto que tem recebido muita atenção, por todo o mundo, e em especial pela comunidade científica (Zhang & Shan, 2013). A sua importância sócio-económica tem levado ao aumento do estudo científico do golfe com o objetivo de prevenir lesões e de melhorar a performance (Hume, Keogh & Reid, 2005).

O gesto do swing é determinante para o sucesso do jogador. Broadie (2008) aponta que têm sido muitos os trabalhos que têm tentado estabelecer os fatores que determinam esse mesmo sucesso, do ponto de vista da biomecânica, e em particular da cinemática. Pegando no resultado prático do swing, tem-se tentado perceber, de que modo a cabeça do taco de golfe, através do seu impacto na bola, influencia o voo desta, como a posição do taco influencia a cabeça do taco, e mais proximalmente, como as diferentes variáveis do corpo humano influenciam todo este conjunto (Hume et al., 2005).

A presença do treinador é muito importante em qualquer desporto. Mas estes podem apresentar limitações na análise quantitativa. Resultados de treinos bem-sucedidos podem ser suportados pelo uso de sistemas de feedback, tornando a sua utilização um importante coadjuvante. Wright (2008) chama a atenção para esta questão, salientando a importância das tecnologias para o treinador e consequentemente para o jogador, nomeadamente das tecnologias de rastreamento do movimento. King (2008) salienta que os auxiliares ao treino de golfe vão de encontro a um dos maiores desafios neste desporto, nomeadamente, como realizar um swing controlado e consistente.

Uma avaliação da performance que seja sistematizada, objetiva e fiável pode aproximar treinadores e investigadores, facilitando o seu desenvolvimento e melhoria, especialmente no desporto de alto nível e rendimento (Dellaserra, Gao & Ransdell, 2014).

Neste trabalho, o conhecimento das necessidades do golfe é posto em associação às características e capacidades do Laboratório de Análise de Movimento Humano da Escola Superior de Saúde do Instituto Politécnico de Setúbal (LMH). Estas características referem-se nomeadamente ao seu equipamento, e ao objetivo de transpor para a prática os resultados da investigação nela desenvolvida. Assim, este trabalho visa dar um contributo para a implementação de um protocolo de análise cinemática do swing do golfe, tendo em conta as variáveis influenciadoras do seu resultado, de acordo com a melhor evidência.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Cinemática

O presente trabalho é, em primeira medida, relativo às características cinemáticas de um movimento. Interessa conhecer e perceber bem a envolvimento desta área da biomecânica. A cinemática é o estudo de corpos em movimento, independentemente das forças responsáveis por esse movimento. Relaciona-se com a descrição e quantificação das posições linear e angular dos corpos (e suas derivadas). A cinemática compreende as variáveis de deslocamento, velocidade e aceleração. Estas três variáveis podem ser usadas para perceber as características de um movimento, para comparar o movimento de dois sujeitos diferentes ou para mostrar como um movimento foi influenciado por determinada intervenção. Definido por vezes para um espaço de duas dimensões, pode no entanto aplicar-se a um espaço de três dimensões (3D) (Robertson & Caldwell, 2014).

A descrição quantitativa da posição de um ponto ou corpo requer primeiro que se identifiquem as ferramentas usadas. A principal é o sistema de coordenadas Cartesiano. Dentro deste, podemos ter mais sistemas, sendo recomendável descrever em primeiro lugar o sistema de coordenadas global (SCG). Estabelecido este sistema, e para descrever um movimento de um corpo num espaço tridimensional, é necessário estabelecer a orientação desse mesmo corpo, estabelecendo assim um segundo sistema de coordenadas de referência, e que toma o nome de sistema de coordenadas local (SCL). A origem do SCL encontra-se normalmente no centro de massa do respetivo segmento. A orientação do SCL em relação ao SCG define a orientação do segmento no espaço (Robertson & Caldwell, 2014).

Podemos dividir em duas classes as medidas de posição angular: posição/orientação angular de um corpo/segmento e ângulo entre dois segmentos, que aqui serão os ângulos articulares, dada a aplicação ao corpo humano. Daí temos o deslocamento angular, que na prática é a amplitude de movimento angular, velocidade angular e aceleração angular (Robertson & Caldwell, 2014).

Qualquer segmento corporal pode mover-se num máximo de seis graus de liberdade, de forma independente (apesar de ser habitual esse movimento ocorrer simultaneamente no corpo humano): três são lineares e especificam a localização (movimento vertical, medio-lateral e antero-posterior) e três são rotacionais ou angulares e especificam a orientação (nos três planos de um espaço tridimensional – sagital, coronal e transversal). Para muitas articulações o uso de seis graus de liberdade não é estritamente necessário do ponto de vista

do ganho de informação clínica útil. Assim, modelos anatómicos mais simples tornam-se extremamente úteis para determinar alterações e associação por exemplo à intervenção no âmbito da fisioterapia. No entanto, estes modelos simples acarretam o risco de medidas pouco precisas e assim poder transmitir informação enganadora. O uso de seis graus de liberdade permite, por outro lado, isolar os movimentos angulares nos três planos rotacionais de forma independente, e assim ter uma mais correta interpretação das posições ou movimentos de articulações ou segmentos (Richards & Thewlis, 2008).

Um ângulo articular é a orientação relativa de um SCL em relação a outro SCL e é independente da posição de origem desses dois sistemas de coordenadas. Para a parametrização, orientação relativa de dois sistemas de coordenadas, e cálculo 3D de ângulos articulares, podem ser usados vários métodos. Hamil, Selbie e Kepple (2014) referem que os três mais utilizados são os métodos de Cardan-Euler, o método do sistema de coordenadas articular (Grood & Suntay, 1983) e o método dos ângulos helicoidais. Entre os ângulos de Cardan e Euler não há especiais vantagens ou desvantagens. Já em relação aos ângulos helicoidais, os de Cardan-Euler, além de serem mais utilizados, providenciam uma representação anatómica bem conhecida dos ângulos dos membros inferiores, sendo o seu uso recomendado pela International Society of Biomechanics (ISB). Nos membros superiores (e com menor frequência, nos membros inferiores) surge no entanto, por vezes, o fenómeno de *gimbal lock* (quando a segunda rotação iguala $\pm 90^\circ$), podendo levar a erros de interpretação. Os ângulos helicoidais aplicam-se melhor quando a rotação é muito pequena, sendo que não há o risco de ocorrer *gimbal lock*. Têm a desvantagem de nem sempre corresponderem a representações anatómicas clinicamente significante (Hamil & Selbie, 2014).

A matriz de rotação 3D (por outras palavras, a orientação de um SCL em relação a outro SCL) pode ser representada por três rotações sucessivas em torno de eixos únicos. Significa isto que três elementos (ângulos) especificam os nove componentes de uma matriz de rotação 3 x 3. A sequência de rotação de Cardan XYZ significa que há uma primeira rotação sobre o eixo X, uma segunda rotação sobre o eixo Y e finalmente rotação sobre o eixo Z. Tal como esta rotação, as que envolvam rotação sobre os três eixos são referidos como ângulos de Cardan. Quando a terceira rotação é sobre o mesmo eixo da primeira rotação, definimos ângulos de Euler. A ordem de rotação tem uma grande importância, e diferentes sequências de rotação podem ser aplicadas, com maior significado anatómico e melhor representação do movimento. Neste trabalho, referir-nos-emos aos ângulos conjuntamente, isto é “Euler-Cardan”. A necessidade de adaptar a sequência de rotação deverá ter em conta o sistema de coordenadas do segmento. Por exemplo, a rotação XYZ é muito utilizada num

sistema de coordenadas em que Y aponta anteriormente e o Z verticalmente. Já no sistema proposto pela ISB (com Y vertical), é mais habitual utilizar a sequência de rotações ZXY (Hamil et al., 2014). A figura 1 representa uma rotação XYZ de um determinado sistema de coordenadas (Kwon, 1998).

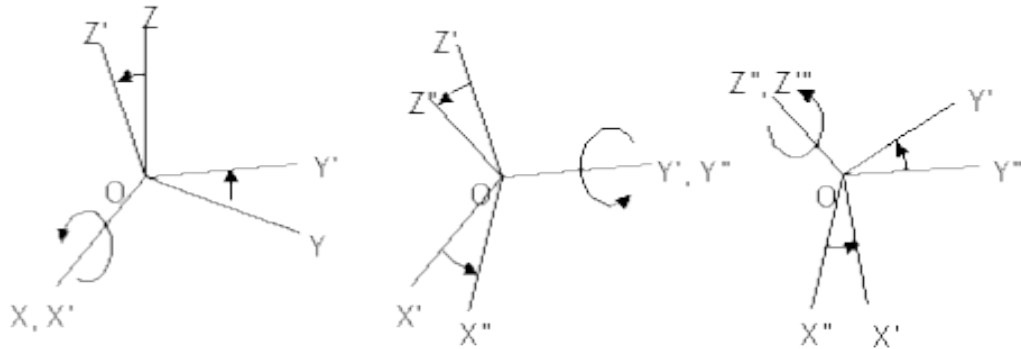


Figura 1. Esquema representativo de uma rotação XYZ (Kwon, 1998)

Na aquisição e interpretação de dados cinemáticos é importante saber que a presença de erros pode existir. Challis (2008) refere que no processo de recolha e tratamento de dados, os erros podem surgir durante a calibração, aquisição, e análise de dados ou na combinação destes. A calibração, ainda que possa ser fonte de erros, existe no entanto para diminuí-los para o mínimo possível à partida. Nesta fase, podem surgir porque um *standard* perfeito para a calibração pode não ser possível. Na aquisição, os erros podem surgir porque as condições de recolha se alteraram relativamente à calibração, ou pela presença de movimento do sensor em relação ao segmento a medir, criando artefactos de tecidos moles (ATM). Na análise de dados, podem surgir por limitações do software e hardware. Nesta fase, é possível aplicar filtros que permitam uma melhor interpretação dos dados, sendo que podem também levar a erros na interpretação da informação. Para determinar parâmetros biomecânicos, é necessário combinar parâmetros e variáveis de diferentes fontes. Nesta fase, as diferentes fontes poderão ter erros que se propagam na combinação

Já Cereatti, Croce e Cappozzo (2006) organizam de forma um pouco distinta os erros no cálculo *in vivo* da posição e orientação ósseos, no uso de sistemas não-invasivos. Dividem-nos em erros instrumentais, em ATM, e na identificação errada das marcas anatómicas. Para ultrapassar restes erros, os autores referem que várias técnicas foram propostas para reduzir o efeito de uma ou mais fontes de erro. Algumas destas são baseadas em dispositivos de fixação dos marcadores, outras baseadas em métodos computacionais.

Sobre os erros instrumentais, Chiari, Croce, Leardini e Cappozzo (2005) salientam que os marcadores (utilizados para a captura de movimento) não estão fixos de forma rígida com os ossos, e que mesmo em condições estáticas, a representação desses mesmos marcadores também não é estacionária. Estes aspetos afetam de forma crítica o cálculo da posição e orientação dos segmentos do modelo. Esta movimentação é dividida em movimentos reais (os referidos ATM) e em movimentos aparentes, devidos a erros sistemáticos ou aleatórios (que os autores contextualizam no uso de sistemas optoeletrónicos). Os erros sistemáticos associam-se a falta de precisão da calibração (nomeadamente no cálculo dos parâmetros do modelo) ou ao uso de um modelo inadequado. Os erros aleatórios podem ser resultado de ruído eletrónico, imprecisão na conversão da imagem dos marcadores em pontos, e distorção da forma relativa à imagem dos marcadores. Esta descrição da formação dos ATM, apesar de ser referente ao movimento dos marcadores, importa salientar que se aplica de forma análoga aos sistemas baseados em IMMU (*inertial and magnetic measurement unit*), isto é, sensores de rastreamento (ver ponto 2.6 mais à frente), e o movimento destes sobre os tecidos adjacentes.

Leardini, Chiari, Croce & Cappozzo (2005) debruçam-se sobre o segundo tipo de erros identificado por Cereatti et al. (2006). Existem erros de dois tipos com origem no interface entre o sistema de recolha e o segmento ósseo a analisar: má colocação e identificação da marca anatómica, e ATMs. Quanto a estes últimos, são considerados a maior fonte de erro na análise do movimento humano. São provocados, de forma independente, por efeitos inerciais, deformação e deslize da pele (especialmente em zonas próximas de articulações) e deformação causada pela contração muscular.

Oroce, Leardini, Chiari, e Cappozzo (2005) referem-se ao papel dos erros associados às marcas anatómicas, considerando que a sua identificação geralmente carece de precisão, afetando assim a determinação da posição e orientação dos segmentos. Estes erros devem-se principalmente a três fatores, nomeadamente o facto de algumas marcas anatómicas serem faces e não pontos, ou por terem uma grande camada de tecidos moles a cobri-las, ou por variação no método de palpação utilizado.

2.2 Golfe e suas características

O golfe é um desporto cada vez mais popular em todo o mundo, estimando-se existir entre 50 a 61 milhões de jogadores e cerca de 32000 campos de golfe, com grande importância económica. Só em equipamento, gera milhares de milhões de euros por ano (Zhang & Shan, 2013). Especificamente em Portugal, o golfe tem sido desde há alguns anos uma das apostas para desenvolvimento do Turismo de Portugal, I.P.. Considerado um produto turístico

estratégico para o turismo nacional, que já em 2006 se considerou gerar anualmente cerca de 300 mil jogadores, 1,4 milhões de voltas de golfe, 1,1 milhões de dormidas, 1,8 milhões de euros em receitas, representando 1,25% do PIB nacional e 14% do PIB turístico (Turismo de Portugal, I. P., 2006).

A elevada relevância em termos sócio-económicos, tem levado a comunidade do golfe a um aumento do estudo do ponto de vista científico (Farrally et al., 2003). A biomecânica tem sido estudada com o objetivo de caracterizar o movimento “ideal”, de modo a melhorar a performance e a reduzir o risco e severidade de lesões (Hume et al., 2005).

O objetivo do golfe é colocar a bola num determinado buraco no menor número de tacadas possível. Para isso, existem essencialmente dois gestos técnicos: o *putting**, e o *swing*, sendo este último o gesto técnico dominante do golfe. Muito mais estudado na literatura, o swing envolve maiores forças e amplitude de movimentos, o que o torna mais complexo, requerendo uma elevada coordenação de movimentos (Hume et al., 2005; Zhang & Shan, 2013).

Para se efetuar o swing, pode-se utilizar um conjunto de tacos, divididos em onze “ferros” e seis “madeiras”. Diferentes tacos levam a diferentes trajetórias de voo de bola, devido a características como o comprimento do taco, ângulo da cabeça do taco, composição do taco e da sua cabeça. Tanto as madeiras como os ferros estão numerados, sendo que quanto mais alto o número de um taco, mais curto este será em altura, com menor tamanho da vareta (eixo do taco propriamente dito), e maior será o ângulo da face da cabeça do taco em relação à vareta. Estas características fazem com que, à partida, um taco de número mais alto seja mais fácil de usar (Huang, Shadmehr & Diedrichsen, 2008), levando a menores erros em termos de trajetória, mas comprometendo a distância. O jogador tem portanto de ponderar a relação entre distância e segurança aquando da escolha do taco de modo a atingir a distância com o menor risco de erro possível. As madeiras são usadas tendencialmente para tacadas mais longas, sendo que dentro deste conjunto, destaca-se a madeira número um, habitualmente referido por *driver*, capaz de levar a bola a atingir maiores distâncias (Kenny, Wallace & Otto, 2008). Choi, Joo, Oh e Mu (2014) salientam que o resultado da tacada com o driver, que ocorre essencialmente na saída do *tee* (ponto de partida de cada buraco) é um importante decisor do jogo, sendo que nas tacadas subsequentes o jogador tem um maior leque de taco à escolha. Conseguir uma boa primeira tacada (maior distância e correta trajetória de voo da bola), normalmente com o driver, permitirá uma tacada seguinte mais perto e assim mais fácil para o buraco (Broadie, 2008). Talvez por estes motivos, Healy (2009)

* Putting é um movimento de impacto em que a força é aplicada pelo *putter* (taco específico para o efeito) a uma bola parada (Sim & Kim, 2010). É o movimento no golfe que utiliza a menor amplitude de movimento e menor força, sendo utilizado para jogo junto ao buraco, em que a relva é mais baixa, com tacadas relativamente curtas e com a bola a rolar (Hume et al., 2015).

identifica que a maioria dos estudos sobre biomecânica do swing utiliza o driver, por oposição aos ferros, destacando assim a necessidade de mais estudos com estes últimos.

McHardy, Pollard e Bayley (2006) referem que o swing se tem desenvolvido de forma a maximizar a distância da bola, independentemente do taco. Os jogadores bem-sucedidos têm de conseguir ser proficientes tanto com ferros como com madeiras, ganhando vantagem competitiva quando são capazes de atingir longas distâncias com diferentes tacos (Sinclair, Currigan, Fewtrell & Taylor, 2014). O swing tem sofrido alterações ao longo do tempo, com os treinadores a alterarem a sua visão do swing, havendo diferenças que têm sido apontadas, entre os chamados swing tradicional e o swing moderno, este último indo de acordo ao que a ciência tem também vindo a transmitir a propósito dos trabalhos relacionados com o estudo do swing (McHardy et al., 2006).

Egret, Vincent, Weber, Dujardin e Chollet (2003) sugerem que desde os trabalhos de Budney and Bellow (1982) e Richards, Farrell, Kent e Kraft (1985), que o swing tem sido apontado como idêntico entre ferros e madeiras. No entanto, mais recentemente, em estudos comparativos entre o swing com ferros e o swing com madeiras, Ball e Best (2011), ainda que estudando os padrões de centro de pressão, não identificaram alterações intra-jogador. Já Joyce, Burnett, Chochrane e Ball (2013), Egret et al. (2003) e Lindsay, Horton e Paley (2002) consideram existir alterações a nível da cinemática.

Kwon, Han, Como, Lee e Singhal (2013) explicam que o deslocamento da bola de golfe está dependente da velocidade da bola e ângulo de lançamento. Estas características são determinadas por um conjunto de condições (velocidade da cabeça do taco, ponto de impacto da face da cabeça do taco na bola, orientação da cabeça do taco e coeficiente de restituição) entre as quais os autores salientam a importância da velocidade linear da cabeça do taco (VCT) no momento do impacto com a bola e que é fundamentalmente associada com as características biomecânicas do swing. A VCT depende da velocidade angular da cabeça do taco, pelo que para maximizar a distância da bola, é necessário aumentar a VCT. Daí que, na investigação do swing em laboratórios de biomecânica, muitos estudos calculem como *outcome* (resultado) a VCT, ou eventualmente utilizem um radar para cálculo do voo da bola (Hume et al., 2005). Fletcher e Hartwell (2004) reportaram uma correlação de 0,86 para a VCT do driver e a distância.

O nível competitivo de cada jogador é dado pelo *handicap* (HCP), sendo que quanto melhor for o jogador, mais baixo será o HCP (excetuando os jogadores profissionais, porque não têm HCP). De uma forma geral, jogadores com HCP mais baixo conseguem atingir

maiores distâncias da bola, obtendo assim significativa vantagem competitiva (Bradshaw et al., 2009; Brown et al., 2011; Joyce et al., 2013). Fradkin, Sherman e Finch (2004) estabeleceram uma correlação de 0,95 entre a VCT e o HCP. Assim, e de forma resumida, um swing de elevada performance caracteriza-se por um impacto efetivo da cabeça do taco na bola, levando a uma maior velocidade, e consequentemente numa maior distância no deslocamento da bola, enquanto se mantém a precisão da trajetória (Wang, Yang, Ho & Shiang, 2015). Tendo em conta estes objetivos do jogador, podemos aplicar os princípios da biomecânica na análise do swing, com vista à sua evolução (Hume et al., 2005).

O swing é habitualmente analisado como um gesto com vários eventos, numa sequência. Hume et al. (2005), numa revisão sobre o papel da biomecânica na maximização da distância, referem que diferentes autores têm apresentado diferentes interpretações e momentos de análise do swing. Distinguem quatro fases principais (cujos nomes manteremos na língua inglesa, por serem termos técnicos assim usados de forma generalizada) comuns à maioria das variantes, e que usaremos como referência geral inicial para descrição resumida do swing: *set-up*, *backswing*, *downswing* e *followthrough*. Sendo o swing um movimento assimétrico do corpo, considere-se um jogador destro: o set-up é a fase da preparação para o swing, nomeadamente a adaptação da pega no taco e do corpo perante a bola. O backswing é a rotação para a direita e para trás, à medida que se leva a um afastamento do taco em relação à bola até ao ponto em que fica genericamente mais para cima e para trás, chamado de *top* do backswing, e que serve de preparação ao downswing, que é o movimento com percurso genericamente contrário ao backswing, em direção à bola. O downswing é assim delimitado entre o topo do backswing e o momento do contacto da cabeça do taco com a bola, altura em que se inicia o followthrough e em que o movimento continua para a esquerda e o taco recomeça a subir, dirigindo-se de novo para trás (Hume et al., 2005).

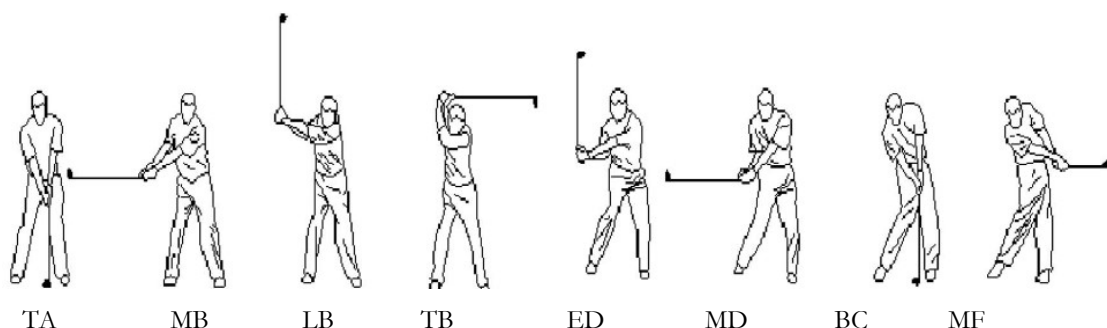


Figura 2. Esquema dos eventos do swing (adaptado de Ball & Best, 2007)

Ball e Best (2007), assim como Healy (2009) e Healy et al (2011) adicionaram algumas divisões às anteriores, defendendo que são funcionalmente importantes na análise do swing, analisando ao todo os eventos *takeaway* (TA), *mid backswing* (MB), *late backswing* (LB), *top of backswing* (TB), *early downswing* (ED), *mid downswing* (MD), *ball contact* (BC), e *mid followthrough* (MF). A figura 2 demonstra os momentos, tal como descritos por Ball e Best (2007), sendo que a sua caracterização se encontra na tabela 1.

Tabela 1. Definição dos eventos do swing (adaptado de Ball & Best, 2007)

Evento	Sigla	Definição
1 Takeaway	TA	Primeiro movimento para o lado e para trás do taco
2 Mid-backswing	MB	Eixo do taco paralelo ao plano horizontal
3 Late backswing	LB	Eixo do taco perpendicular ao plano horizontal quando este está projetado no plano coronal
4 Top backswing	TB	Instante antes de o taco começar a descer
5 Early downswing	ED	Eixo do taco perpendicular ao plano horizontal quando este está projetado no plano coronal
6 Mid-downswing	MD	Eixo do taco paralelo ao plano horizontal
7 Ball contact	BC	Instante do contacto da cabeça do taco com a bola
8 Mid followthrough	MF	Eixo do taco paralelo ao plano horizontal

2.3 Variáveis cinemáticas e relação com o swing

O estudo científico do swing, tem sido feito, habitualmente, analisando-o do ponto de vista biomecânico, mais especificamente, quanto à sua cinemática, cinética e participação muscular por via da eletromiografia. As características cinéticas e eletromiográficas caem fora do âmbito mais direto deste trabalho, pelo que não serão aqui abordadas. Dentro da cinemática, têm sido várias as variáveis colocadas como hipótese, e estudadas, quanto à sua influência na otimização do gesto (Zhang & Shan, 2013).

No entanto, tem persistido alguma falta de consenso no estabelecimento das variáveis mais importantes. Hume et al. (2005) fizeram uma revisão alargada do que será o movimento proposto de forma “ideal”, mas com limitações do ponto de vista da significância estatística, já que normalmente esta não foi apresentada no seu trabalho. Outros trabalhos têm procurado analisar diferentes swings, de uma forma geral comparando grupos, e tendo como base a variação seja do HCP seja de outcomes.

Apesar da óbvia importância da trajetória (isto é, a direção) do voo da bola no resultado do swing (Sweeney, Mills, Alderson & Elliott, 2011), é de notar que a maioria dos estudos que se debruça sobre a cinemática, tem em conta resultados do swing associados mais

à VCT do que à trajetória. Importa no entanto relativizar a importância da distância em relação à trajetória. Na análise do tipo de erros, e ao pedir para jogadores amadores, de diferentes níveis, para darem diferentes tipos de tacadas, apontando para colocar a bola em determinado ponto no campo, Broadie (2008) apresenta no seu estudo que houve uma dispersão das bolas em forma de elipse, com o seu eixo maior no comprimento (longitudinal em relação ao voo da bola), indicando que os erros da componente da distância, têm uma ponderação bem maior no erro, relativamente à trajetória, representando limitações dos jogadores de menor nível.

A diferença de características biomecânicas, nomeadamente cinemáticas, do swing entre diferentes jogadores tem sido estudada comparando grupos de diferentes níveis, agrupados seja por via do HCP ou de um outcome como velocidade da bola ou VCT (Bradshaw et al., 2009; Betzler, Monk, Wallace & Otto, 2012; Cheetham et al., 2008; Choi et al., 2014; Chu, Sell & Lephart, 2010; Fedorcik, Queen, Abbey, Moorman & Ruch, 2012; Healy, 2009; Keogh et al., 2007; Meister et al., 2011; Myers et al., 2008; Okuda, Gribble & Armstrong, 2010) ou por género (Horan, Evans, Morris & Kavanagh, 2010; Horan, Evans, & Kavanagh, 2011). Interessam-nos para este trabalho, as diferentes características cinemáticas que se relacionam com a qualidade do swing. De forma generalizada, é de notar que é clara a inconsistência na definição e medição de algumas destas variáveis, dificultando uma descrição abrangente de diretrizes para o melhor swing. A globalidade destas variáveis remetem para amplitudes e velocidade articulares. O foco ao longo deste trabalho será dado à cinemática a nível de 1) coluna, 2) ombro, 3) cotovelo, 4) punho, 5) anca, 6) joelho, 7) plano de swing.

2.4 Variabilidade do swing

Podemos falar em diferentes swings, tanto quando comparamos diferentes sujeitos, como quando o analisamos de forma intra-sujeito. Tal como numa abordagem entre diferentes jogadores se aponta para diferentes características biomecânicas do swing, a avaliação intra-sujeito, vai também nesse sentido. O nível de performance de cada jogador depende ainda, em parte, da consistência das suas características biomecânicas (Kwon et al., 2013) isto é, da variabilidade da qualidade do swing. É interessante reparar que apesar de haver, de forma generalizada, diferenças habituais entre jogadores de diferentes níveis, existe variabilidade entre os jogadores de elevado nível, indicando que poderá não existir o swing ideal (Keogh & Hume, 2012; MacKenzie, 2012).

Enquanto uns estudos usam os outcomes para distinguir grupos que permitam comparação de características cinemáticas, outros, relativamente à variabilidade propriamente dita nos outcomes, (Betzler et al., 2012; Bradshaw et al., 2009) afirmam que esta é maior em jogadores de HCP mais alto comparativamente a jogadores de HCP mais baixo. Os outros trabalhos focam-se apenas na variabilidade entre grupos, relativamente a componentes cinemáticas do swing.

Zhang e Shan (2013) referem que a inconsistência é muito frequentemente apresentada como sendo uma fonte de frustração. Mas a literatura considera a variabilidade do movimento como algo natural. Stergiou, Harbourne e Cavanaugh (2006) referem que a variabilidade do movimento humano pode ser descrita como a variação normal que ocorre na performance motora ao longo de diferentes repetições de uma tarefa. Stergiou e Decker (2011) são ainda mais taxativos: se alguém tentar repetir um determinado movimento, este nunca será igual, ideia esta que vai de encontro a Tucker, Anderson e Kenny (2013). Assim, Zhang e Shan (2013) consideraram haver uma variação biológica normal nos jogadores de golfe, mesmo nos mais experientes do seu estudo, dizendo no entanto, que estes jogadores, para conseguirem melhores resultados de swing de forma mais consistente, poderão compensar melhor nos vários pontos da cadeia de movimento. Estas compensações ao longo do swing podem justificar e traduzir-se numa menor variação no momento do impacto (Horan et al., 2011). Nesta corrente, Glazier (2011) diferencia a variabilidade do movimento em si, e a variabilidade do outcome. Realça que um determinado resultado final de movimento, pode ser atingido por inúmeros diferentes padrões de movimento, pelo que há que questionar a utilização de um focus apenas nos resultados. Também Knight (2004) refere que mesmo quando jogadores demonstram baixa variabilidade num outcome, podem variar nos padrões de movimento para atingir esse objetivo.

Stergiou e Decker (2011), e tendo em conta a *Generalized Motor Program Theory* (Summers & Anson, 2009), teoria proeminente afeta à variabilidade da performance motora, afirmam que no treino específico de determinada tarefa, o erro, que é considerado como levando à variabilidade, vai sendo gradualmente eliminado ou minimizado, otimizando assim a precisão do padrão de movimento. Carson, Collins e Richards (2014a) referem que do ponto de vista da aprendizagem enquanto um processo, esta pode ser caracterizada como uma progressão em direção à *invariância* associada ao aumento da performance, sendo a variação, um indicador do processo de aprendizagem, ou do grau de expertise. Por outro lado, estes autores salientam o potencial da variabilidade do movimento, no conhecimento relacionado com o treino.

As curvas típicas de aprendizagem motora são construídas usando as tradicionais medidas de variabilidade da performance de determinado gesto técnico, de forma a captar o erro nessa performance. Estas medidas de estatística linear quantificam a magnitude da variação num conjunto de valores. A magnitude da variabilidade diminui continuamente e acaba por atingir um *plateau* à medida que a aprendizagem motora ocorre (Stergiou & Decker, 2011).

É no entanto importante contemplar, segundo Glazier (2011), um ponto teórico importante, que é a relação entre *variabilidade* do movimento, e *erro* propriamente dito. Alguns autores utilizam estes dois termos de forma sinónima, ainda que a literatura sugira que podem não ser de facto equivalentes. A variabilidade pode significar flexibilidade e capacidade de adaptação do sistema de movimento, permitindo ao jogador ajustar-se a diferentes condições, levando assim a uma performance mais estável do swing (Bradshaw et al., 2009).

Knight (2004) sugere que os jogadores poderão desenvolver um swing melhor, explorando diferentes parâmetros do swing, mais do que tentar fazer todos os swings sem qualquer variabilidade. De notar no entanto que quando desportistas experientes e de nível elevado de performance exercem controlo consciente aumentado para apenas um aspeto da sua técnica (focus interno), resulta numa diminuição da variabilidade para este componente da técnica, mas aumenta a variabilidade para os outros componentes (Carson et al., 2014a), podendo levar a níveis subótimos (MacPherson, Collins & Morriss, 2008).

2.5 Sistemas de captura de movimento no apoio ao treino desportivo

O contributo deste trabalho para o protocolo que se pretende desenvolver, surge também na sequência da ênfase que os sistemas de análise de movimento têm tido no estudo do golfe (Wright, 2008), e de um rol de estudos apontados ao longo do trabalho, que fazem uso de sistemas de avaliação do movimento como forma de analisar, interpretar, comparar, e potenciar o swing do golfe.

Vem também na sequência da importância reconhecida da análise cinemática enquanto importante coadjuvante do treinador (Carson, Collins & Richards, 2014b). As tecnologias associadas a medições do swing gerem essencialmente dados quantitativos. Os dados quantitativos decorrentes das medições do swing através da compreensão das variáveis importantes para o resultado do swing, são claramente essenciais para a instrução no golfe (King et al., 2008). Aliás, tem sido proposto que o nível de performance em muitos desportos tem vindo a atingir uma estabilização, e que incrementos significativos no futuro decorrerão

da utilização de inovações tecnológicas (Balmer, Pleasence & Nevill, 2011). O golfe tem sido um desporto especialmente abrangido pela temática de inovações e desenvolvimento tecnológicos no desporto, sendo que Dyer (2015), numa revisão sistemática sobre o tema, identificou o golfe como sendo o desporto com mais referências. Carson, Collins, & MacNamara (2013) apontam na mesma direção, dizendo que atletas e treinadores de alto nível necessitam de assistência de modo a conseguir implementar refinamento, nomeadamente no golfe.

2.6 Sistemas de captura de movimento

A análise cinemática tem sido analisada com recurso a diferentes tipos de sistemas. Durante décadas, a cinematografia foi a técnica mais popular na análise do movimento humano (Payton, 2008). Tecnologias acústicas, óticas, mecânicas, ou magnéticas e inerciais têm entretanto sido propostas (Bergamini et al., 2014). Destes, os mais comuns atualmente são os sistemas optoeletrónicos e os magnéticos e inerciais (IMMUs). Os primeiros apresentam uma desvantagem que tem condicionado o seu uso, relacionada com o facto de serem limitados a utilização em laboratório, por terem processos de setup longos e com custos financeiros elevados. Os IMMUs apresentam tamanho pequeno, relativamente acessíveis do ponto de vista financeiro, e mais fáceis de utilizar (van der Noort et al., 2014; Vries et al. 2010). Wright (2008) aponta ainda que estes sistemas têm a vantagem de serem sem fios (ainda que de forma semelhante aos optoelectrónicos), e não sofrerem interferências com fatores ambientais como a luz solar, ou não haver interferências que levam à não visualização dos marcadores levando a dados incompletos (Mayagoitia, Nene & Veltink, 2002). São no entanto sensíveis, à presença de interferências magnéticas, por distúrbio do campo magnético terrestre, pela presença de objetos ferromagnéticos ou aparelhos elétricos, especialmente em instalações fechadas, havendo no entanto a possibilidade de uso de algoritmos compensadores (Cloete & Cornie, 2008). Apresentam ainda uma menor precisão na reconstrução da posição, especialmente quando o corpo roda a alta velocidade.

Estes sistemas inerciais e magnéticos combinam o uso de giroscópicos, acelerómetros e magnetómetros, sob a forma de sistemas micro-elétrico-mecânicos (Roetenberg, Luinge & Slycke, 2013). Os giroscópios medem a velocidade angular, que é integrada ao longo do tempo, e calculam a alteração do ângulo em relação ao ângulo inicialmente conhecido, isto é calculam a orientação do segmento. Um acelerómetro mede acelerações lineares (aceleração gravitacional incluída), calculando a posição do segmento em relação à posição original. Os magnetómetros dão informação acerca da direção do norte magnético, como uma bússola. Os

senhais recolhidos pelo giroscópio, acelerómetro e magnetómetros, em conjunto com a informação da temperatura, são processados pelo filtro de Kalman, que continuamente atualiza o cálculo da posição articular, por forma a retificar o desenvolvimento de erros originados pela interferência do campo magnético e pelo deslocamento do sensor (Cloete & Scheffer, 2008).

O estudo do golfe tem aproveitado o desenvolvimento das tecnologias associadas à captura do movimento. Como precursores nesta área, o vídeo de alta velocidade foi utilizado para estudar a influência no swing do movimento da anca e do tronco (Robinson, 1994). King, Yoon, Perkins e Najafi (2008) fizeram no seu trabalho um resumo dos métodos mais habituais sobre recolha de dados do swing. Na altura, os sistemas mais comuns utilizavam tecnologia fotográfica, incluindo vídeo de alta velocidade, câmaras de movimento, e fotografia estroboscópica.

Apesar de frequentemente os estudos de análise biomecânica recorrerem a uma abordagem 2D (como Bradshaw et al., 2009), o uso de ângulos 3D (ex. Egret et al., 2003; Horan et al., 2010) permitem recolher mais informação relacionada com a cinemática do swing. Têm ainda vantagens relacionadas com a diminuição dos erros. Especificamente em relação ao tronco, por exemplo, Joyce et al. (2010) apontam que um modelo 3D que considere o tronco como um corpo rígido é menos suscetível de sobrestimação relativamente a projeções 2D. Keogh e Hume (2012) afirmam que, de uma forma geral, a cinemática 3D de alta velocidade é recomendada na investigação no golfe, ainda que, pelo menos em relação ao tronco, ainda não seja consensual qual o melhor método para medir o movimento 3D.

Os sistemas de rastreamento opticoelétricos, têm no entanto tido uma grande difusão no golfe, sendo que o uso dos marcadores melhora a precisão e permite uma rápida análise de dados (Wright et al., 2008). Tem sido este o sistema de captura de movimento que mais encontramos na literatura associada ao golfe (ex. Betzler et al., 2012; Chu et al., 2010; Fedorcik et al., 2012).

Apesar de muito difundidos, as limitações apontadas têm levado ao desenvolvimento de métodos alternativos. O desenvolvimento de sistemas inerciais no contexto das tecnologias de análise de movimento que tentem superar estas limitações, têm também tido repercussão no golfe (King et al. 2008), com a sua presença em vários trabalhos (Healy, 2009).

2.7 Biomecânica em Fisioterapia

Considerando esse mesmo auxílio ao treinador, importa que exista a capacidade de transferir os conhecimentos e resultados obtidos pelo protocolo para considerações práticas. Isto é, os resultados em bruto, ainda que postos de forma gráfica interpretável pelos utilizadores, serão para aplicar na prática. Para tal, consideramos que aqui a presença de um profissional ligado à biomecânica, deverá ser o elo de ligação entre sistema e utilizadores. É interessante reparar que os treinadores utilizam maneiras de avaliação e comandos ao jogador, por forma a atingir determinada alteração biomecânica, que lhes são típicos (Smith, Roberts, Wallace, Kong & Forrester, 2015), e eventualmente são distintos de uma avaliação mais crua do movimento. Assim, a passagem de informação do sistema, por forma a que seja depois adaptada pelo treinador para chegar de forma exequível ao treinador, carece aqui de uma ligação. Introduzimos aqui a participação do fisioterapeuta, não apenas pelo conhecimento do movimento, como dissemos, mais cru e bruto, mas também pela sua capacidade de aplicar o movimento humano em atividades diárias, seja em termos de movimento natural, seja por compensações. A esse respeito, Matias e Gamboa (2005) defendem que parte da essência da fisioterapia se baseia na análise e avaliação do movimento e função humana. Para tal, é fundamental um conhecimento profundo acerca do normal funcionamento/interação dos diferentes sistemas do ser humano. Aplicado ao protocolo que aqui consideramos, referimo-nos à importância do conhecimento do gesto técnico do swing, de forma a propiciar a máxima funcionalidade, isto é, a melhor performance. A biomecânica enquanto parte integrante da fisioterapia é aliás já antiga e explicada por Smidt (1984), ao defender que a aplicação da biomecânica na prevenção, avaliação e tratamento no que toca a alterações do movimento é indissociável da fisioterapia. Terá assim um papel importante na promoção do exercício de forma correta, e na prevenção de lesões que podem decorrer de atividades com gestos mal executados, situação que deverá ser salvaguardada da interpretação dos resultados obtidos com a aplicação do protocolo, dado que o conhecimento do movimento humano por parte da fisioterapia se associa também ao conhecimento da apresentação do movimento aquando de uma disfunção (Matias & Gamboa, 2005).

2.8 Considerações para definição dos objetivos do trabalho

Recordando o trabalho de Robertson e Caldwell (2014), a cinemática pode ser usada para perceber as variações de movimentos. Com o intuito de estudar a cinemática no golfe, e não tendo conhecimento de um protocolo metodológico pormenorizado para a captura do

movimento do golfe com base em IMMUs, surgiu a necessidade de conciliar o uso do sistema de recolha de dados cinemáticos em uso no LMH e adaptá-lo, com carácter prático e utilitário.

Este carácter prático e utilitário vai de encontro aos objetivos do LMH, que pressupõe a existência de protocolos para utilização dos sistemas. Na sequência do trabalho de Magarreiro (2015) que desenvolveu um trabalho embrionário de sistematização da informação para a recolha e processamento de dados 3D cinemáticos e cinéticos da marcha em regime laboratorial e ambulatorio, pretendemos agora criar um protocolo adaptado ao estudo do golfe, ultrapassando assim a inexistência de procedimentos standard para esse efeito, e assim colmatando essa necessidade sentida pelo LMH. Pretendemos ainda ir de encontro às indicações de Matias e Gamboa (2005), não só pela necessidade de atualização do corpo de saberes e competências, mas também no desenvolvimento dos instrumentos associados ao estudo da biomecânica, e nos protocolos envolvidos ao seu uso. Existem entidades que procuram creditar e uniformizar os processos de recolha de dados e avaliar a qualidade do estudo do movimento em laboratório (ex. Commission for Motion Laboratory Accreditation, Inc; Gait & Clinical Movement Analysis Society), ou mesmo propor standards de recolha e processamento de cinemática (ex. ISB) o que nos leva a realçar a necessidade da existência de protocolos cientificamente fundamentos e estruturados de modo a obter qualidade da medida obtida, nomeadamente no LMH.

Propomos assim contribuir para o desenvolvimento do protocolo que aqui introduzimos, tendo em conta que na literatura não identificamos nenhum com metodologia e processos descritos e que fosse fruto de uma análise crítica da literatura, e no sentido de esclarecer que variáveis devem ser estudadas no sentido da otimização do swing.

O referido protocolo já foi posto parcialmente em prática, enquanto ferramenta de treino via biofeedback. Foi possível aplicá-lo com jogadores de diferentes níveis, e inclusive com participação de treinadores. A sua aplicação teve não só o intuito de obter o resultado final propriamente dito, mas como forma de se ir refinando o próprio protocolo.

Este trabalho pretende assim contribuir para o desenvolvimento de um protocolo de análise cinemática do swing do golfe, colmatando a inexistência de procedimentos standard no LMH, através da identificação crítica de variáveis significantes para o swing do golfe, da descrição da metodologia a utilizar, por forma a ser útil e prático, como auxílio de treino ao treinador e ao jogador de golfe.

3. METODOLOGIA

Este capítulo descreve os procedimentos desenvolvidos ao longo desta tese no que toca às fases de desenvolvimento do protocolo. Compreende a definição dos 1) objetivos descrição da instrumentação e 2) dos procedimentos do protocolo onde se incluem os processos elaborados no sentido de determinar as variáveis a serem estudadas pelo laboratório, e termina com os métodos de análise de dados.

3.1 Objetivos

O presente trabalho teve como objetivo o contributo para desenvolvimento e implementação de um protocolo de avaliação cinemática do gesto técnico swing do golfe. Foram condições deste objetivo que o protocolo esteja adaptado aos sistemas e software disponíveis no LMH. Os resultados deste protocolo deverão permitir aos seus utilizadores finais (i. e., jogadores de golfe e treinadores) perceber características da variabilidade do seu swing, nomeadamente, como se comportam as variáveis estudadas nas melhores e/ou piores performances. Desta forma, poderão adaptar o seu treino através de determinada característica, de modo a que o seu swing *normal* se aproxime das características dos swings melhores, e assim efetuar de forma mais consistente, swings com melhores resultados (Zhang & Shan, 2013).

Este estudo enquadra-se numa das linhas de investigação do Departamento de Fisioterapia da Escola Superior de Saúde do Instituto Politécnico de Setúbal, e centrou-se no contributo para o desenvolvimento de um protocolo de avaliação cinemática em laboratório, tendo em vista a otimização do swing do golfe. Recorremos para tal a um estudo metodológico, cuja natureza, de acordo com Cutler e Stein (2000), tem por objetivo o desenvolvimento e avaliação das características de instrumentos de exame, assim como de curriculum e protocolos.

3.2 Instrumentação

Para a recolha de dados foi utilizado o sistema Xsens (Xsens Technologies B.V. Enschede, Holanda). É um sistema de avaliação cinemática de corpo inteiro, que usa um modelo biomecânico específico e algoritmos próprios para calcular a cinemática articular 3D (Roetenberg et al., 2013). Apesar de o protocolo estar descrito para este sistema, pode ser transposto para outros sistemas, incluindo de câmaras de avaliação do movimento, com as necessárias especificações. O Xsens enquadra-se num conjunto de sistemas que faz uso de unidades de medição magnética e inercial (IMMUs).

Em 2008, Wright referia que os sistemas inerciais eram ainda pouco utilizados. Mas a sua aplicação é agora cada vez mais comum. Especificamente o Xsens, além de aplicado ao golfe (Lai, Hetchl, Wei, Ball & Mclaughlin, 2011; Wright, 2008), tem sido aplicado de forma ampla em várias componentes do movimento humano, tendo demonstrado boa precisão enquanto sistema de medida do movimento humano da marcha (Saber-Sheikh, Bryant, Glazzard, Hamel & Lee, 2010), da coluna lombar (Ha, Saber-Sheikh, Moore & Jones, 2013), da omoplata (van der Noort et al., 2014), e do ombro e cotovelo (Cutti, Giovanardi, Rocchi, Davalli & Sacchetti, 2008).

Por comparação ao que Cockcroft (2010) considera ser o *gold standart* - sistema de câmaras opticoeletrónicas - estudos apontam que em termos de confiabilidade, o sistema Xsens pode superar estes sistemas, nomeadamente na medição entre tórax e pélvis, e do membro inferior (Cutti et al., 2010), dados que vão também se encontro a Ferrari et al. (2010), com coeficientes de correlação sempre superior a 0,85. Zhang, Novak, Brouwer e Li (2013) apresentam também dados que apontam para correlação elevada entre sistemas, nomeadamente referente ao joelho, sendo esse valor superior a 0,96. Estes trabalhos confirmam que o Xsens é tanto preciso como confiável, sendo que apesar de a maioria dos estudos se referir a avaliação da marcha, os resultados sugerem que o sistema Xsens é válido para a análise da performance desportiva (Cockcroft, 2010). A precisão dinâmica dos sensores apresentada pelo fabricante é de 2°, sendo que relativamente aos movimentos nos diferentes planos, varia entre 1° e 0,5° (Xsens Technologies B. V., 2011). A frequência de amostragem utilizada é de 120Hz.

Roetenberg, et al. (2013) descrevem o sistema Xsens. É composto por 17 MTx que são os sensores de rastreamento, e que tal como descrito acerca dos IMMUs, são constituídos por um giroscópio triaxial, um magnetómetro triaxial e um acelerómetro triaxial, um sensor de temperatura, complementados por um filtro de Kalman. Na tabela 2 é possível observar as especificações dos sensores MTx utilizados no sistema Xsens.

Tabela 2. Especificações do sensor MTx (adaptado de Cockcroft, 2011)

Especificação	Descrição	Valores	Unidades
Peso	-	30	g
Dimensões	-	38 x 53 x 21	mm
Giroscópio	Intervalo de velocidade de rotação	± 1200	deg/s
Acelerómetro	Intervalo de aceleração linear	± 180 (18 g)	m/s ²
Magnetómetro	Erro	< 0.5	deg ³
	Resolução	0.5	deg
Sinais do sensor	Taxa de amostragem	60-120	Hz

Os MTx estão colocados na cabeça (1), ombros (2), braços (2), antebraços (2), mãos (2), tórax (1), pélvis – sobre o sacro (1), coxas (2), pernas (2), e pés (2). Pode ainda ser usado um sensor extra para um objeto. Cada um dos MTx, assim como os cabos que os ligam entre si a duas unidades “mestre”, colocados sobre a região lombo-pélvica, que transmitem a informação via *wireless* (bluetooth) para dois recetores de sinal conectados via USB a um computador. Os MTx podem ser utilizados de forma integrada num fato de licra, ou recorrendo a de tiras de velcro nos respetivos segmentos e localizações corporais (Cloete & Scheffer, 2008; Roetenberg et al., 2013).

A integração dos sensores dentro do MTx permite os cálculos articulares, usando um modelo biomecânico que assume que o corpo inclui vários segmentos, unidos por articulações, e que os sensores estão sobre esses segmentos. A origem posicional das articulações é determinada por um sistema anatómico e é definida no centro dos eixos funcionais com as direções de X, Y e Z. O modelo permite transpor os dados cinemáticos dos sensores para dados cinemáticos dos segmentos (Roetenberg et al. 2013).

O modelo biomecânico utilizado pelo Xsens, através do seu software MVN Studio Pro, consiste em 23 segmentos (pélvis, L5, L3, T12, T8, pescoço, cabeça, ombros esquerdo e direito, braços, antebraços, mãos, coxas, pernas, pés e dedos). Pode incorporar ainda um segmento extra referente ao sensor correspondente. Para os segmentos sem nenhum sensor sobre eles, os dados cinemáticos são estimados com base no modelo biomecânico incorporando parâmetros de rigidez entre segmentos (Roetenberg, 2013).

No software MVN Studio Pro, o cálculo da posição, velocidade, aceleração, orientação, velocidade angular e aceleração angular de cada segmento é feito em relação ao SCG. Através do uso do magnetómetro, o sistema encontra o campo magnético terrestre, apontado pelo X (Roetenberg, 2013).

Quando se colocam sensores sobre o corpo, a relação posicional entre os diferentes sensores não é conhecida, tornando difícil a avaliação das distâncias entre diferentes segmentos corporais. Desta forma, exige-se que seja feito um procedimento de calibração, no qual são calculadas medidas antropométricas e a orientação do sensor relativamente ao segmento corporal (Roetenberg et al. 2013).

O sistema baseia-se em quatro passos para calcular ângulos articulares 3D: 1) definição do SCL de cada segmento e comprimento desse eixo, 2) alinhamento do sensor com o SCL, 3) relação do segmento com o SCG, e 4) relação entre dois segmentos adjacentes (Roetenberg et

al., 2013; Zhang et al., 2013). A figura 3 exemplifica os passos da cinemática do segmento e calibração (adaptado de Roetenberg et al., 2013).

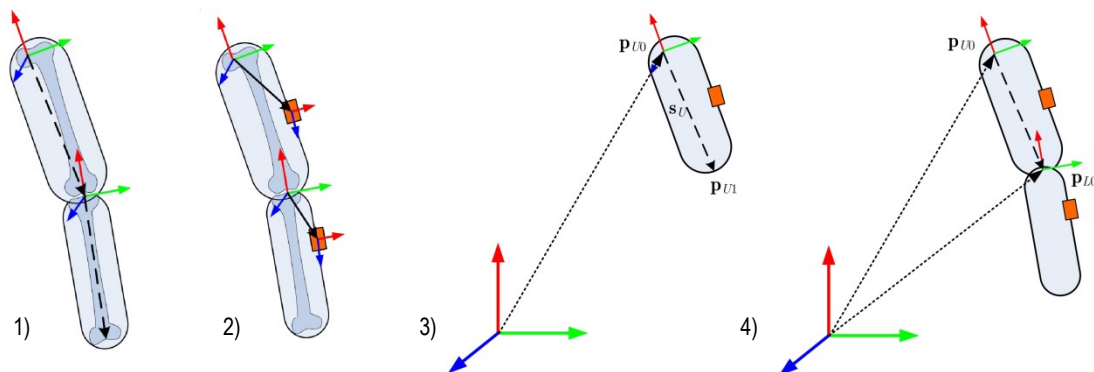


Figura 3. Passos da cinemática do segmento e calibração (adaptado de Roetenberg et al., 2013)
1) definição do SCL de cada segmento e comprimento desse eixo, 2) alinhamento do sensor com o SCL, 3) relação do segmento com o SCG, e 4) relação entre dois segmentos adjacentes.

3.3 Procedimentos do protocolo

Segundo Kontaxis, Cutti, Johnson e Veeger (2009), um protocolo de análise de movimento deve descrever:

- 1) As articulações ou segmentos a serem estudados (variáveis);
- 2) Definição do modelo mecânico que representa as articulações/segmentos, quantos graus de liberdade se consideram; Definição dos sistemas dos SCL, e dos ângulos;
- 3) Localização e colocação dos sensores no corpo;
- 4) Atividades a serem analisadas;
- 5) Possíveis *refinamentos* cinemáticos (não se aplicou nenhum).

3.3.1 Variáveis de interesse

No sentido de responder aos diferentes passos apontados por Kontaxis et al. (2009), e tendo em conta o objetivo do estudo, uma considerável parte deste trabalho relacionou-se com a necessidade de definir as variáveis a estudar. Foi elaborado um desenho deste capítulo que contempla três fases. Na fase 1 foi realizada uma análise da literatura científica com o objetivo de perceber quais as variáveis cinemáticas estudadas como eventualmente influenciadoras do swing, revendo os apontamentos na literatura, nomeadamente em relação a recomendações.

Numa segunda fase, foram analisados os resultados publicados na literatura, tendo em vista a sua significância estatística. Este processo, mais complexo e mais restritivo em termos

de quantidade de artigos e variáveis, culminou na extrapolação e integração no nosso protocolo dessas variáveis. Esta fase tem em vista o objetivo deste protocolo fazer uma avaliação do swing com suporte científico. Desta interpretação, surge que se pretende que as variáveis tidas em conta para avaliação, estejam postas em evidência na literatura como tendo, de alguma forma, e com valores de significância estatística, relação com melhores ou piores swings. Assim, foi necessário fazer um levantamento na literatura sobre o estudo das variáveis. Apesar de algumas semelhanças metodológicas com revisões sistemáticas, temos noção de que os trabalhos analisados poderão eventualmente não cumprir critérios mais restritivos (Liberati et al., 2009).

A estratégia de pesquisa foi realizada nas bases de dados PubMed (Medline), B-On, e Google Scholar, que de forma direta ou reencaminhada permitiram acesso aos artigos, pesquisados com base nos termos, e através de expressões booleanas: “(Relationship OR comparison OR differences OR variability) AND (biomechanics OR mechanics OR biomechanical OR kinematic) AND (golf)”. Daqui se obtiveram os artigos analisados mais à frente, inserido no capítulo dos resultados (ponto 4.1.2).

Na terceira fase, foi realizada uma consulta de peritos através de um questionário acerca das variáveis obtidas na Fase 2.

3.3.2 Modelo cinemático

Foi construído um modelo para golfe, tendo em conta um modelo de corpos rígidos, com seis graus de liberdade, e com a particularidade de integrar um segmento extra, correspondente ao taco.

Neste trabalho utilizamos como referência as recomendações da ISB (Wu et al., 2002; Wu et al, 2005), o que significa que o eixo Z é positivo anteriormente, o eixo X é positivo para a direita, e o eixo Y é positivo para cima. Para as diferentes variáveis analisadas, e dado que o gesto do swing não é simétrico, não se fizeram alterações ao sentido positivo e negativo à direção do movimento de nenhum eixo. Isto é, do ponto de vista da análise do swing não há necessidade de comparação do movimento entre os membros esquerdo e direito (ex. nas rotações dos membros, o sistema considera um movimento segundo o eixo Y, e que à direita será positivo para a rotação externa, e à esquerda é positivo para a rotação interna).

O Xsens foi usado apenas para recolher as coordenadas das marcas anatómicas definidas no seu modelo sendo depois exportadas para que fosse criado um modelo esquelético num outro software (Visual 3D) em que foram usadas as normas do ISB para

definir os sistemas de coordenadas. O modelo de marcas anatômicas utilizado tem por base o modelo de Zatsiorsky-Seluyanov's (Leva, 1996). Os vetores constituintes dos SCL foram definidos com recurso às referências anatômicas dos segmentos envolvidos.

Estes SCL foram usados para determinar os ângulos articulares. O cálculo do movimento entre segmentos usou ângulos de Euler-Cardan, que estão descritos na tabela 3 para cada uma das articulações em estudo, tendo por base os apontados pela ISB (Wu et al., 2002; Wu et al., 2005). A exceção da referência foi no cálculo do X-factor, por não estar especificado pela ISB, tendo sido seguidas as indicações de Joyce et al. (2010). Foram utilizadas sequências de rotação que se traduzam de forma significativa do ponto de vista funcional. Os movimentos descritos são referentes aos eixos do sistema de coordenadas do segmento que se move, relativamente ao que lhe é imediatamente proximal (Wu et al., 2005).

Tabela 3. Sequências de rotação utilizadas

Articulação	ISB
Ombro (complexo articular)	Y-Z-Y
Cotovelo	Z-X-Y
Punho	Z-X-Y
Coluna	Z-X-Y
X-factor	Z-X-Y
Anca	Z-X-Y
Joelho	Z-X-Y

3.3.3 Procedimentos experimentais

A colocação dos sensores seguiu o protocolo proposto pelo LMH. Optou-se por colocar cada um dos MTx por cima de roupa (idealmente poucas camadas, e confortável) e fixo através de fitas de velcro. Os MTx's para o pé são apetrechados aos sapatos utilizando um suporte. Para as mãos são utilizadas luvas que incluem uma bolsa para a colocação dos MTx's e a fita para a cabeça está equipada com um suporte de plástico rígido. O sensor extra é colocado ao longo do taco, sendo aplicado fita adesiva (*tape*) à sua volta, de forma a que não haja movimento adjacente. Apesar de não se pretender testar todas as articulações do corpo, consideramos o *setup* completo, para análise integral do corpo. A tabela 4 resume a localização dos MTx.

Tabela 4. Localização da colocação dos MTx (adaptado de protocolo do LMH)

Sensor	Região para colocação	
Cabeça	Qualquer posição confortável	-
Mão	Região dorsal	-
Antebraço	Face dorsal do antebraço	Distalmente
Braço	Face externa braço	V deltoideu
Ombros	Face posterior das omoplatas	-
Esterno	Face anterior corpo esternal	Proximalmente
Pélvis	Plano posterior do sacro	-
Coxa	Face externa da coxa	Distalmente
Perna	Face antero-interna da tíbia	Proximalmente
Pé	Região dorsal	Tarso/Metatarso
Extra	Ao longo do taco	-

Para o set-up de recolha de dados, são necessárias as presenças do jogador a ser avaliado, de um treinador, e investigador. Previamente à participação dos participantes é-lhes explicado os objetivos e características do sistema, e aquilo que se pede em termos práticos. Numa fase inicial do desenvolvimento deste protocolo, foram realizadas avaliações com implementação do sistema. Em apêndice, encontram-se os registos relativos à amostra utilizada nessas situações. A utilização do sistema Xsens, anteriormente descrito, e os passos relativos à recolha de dados, nomeadamente a calibração e medição dos segmentos anatómicos foi realizado com base no protocolo já existente no LMH, que segue as recomendações da Xsens Technologies.

Para a execução prática do protocolo, cada jogador deverá utilizar o seu taco de golfe. É utilizado um tapete de golfe para treino, de forma retangular e com 1,5m x 2,0m, uma rede dupla para bolas de golfe em ambiente fechado, colocada a cerca de 3 metros de distância e bolas de campo de treino de golfe (figura 4). Cada jogador efetua o aquecimento que lhe for habitual, sendo recomendável que efetue algumas tacadas com o equipamento já montado, de forma a familiarizar-se com o sistema e setup. Já para a avaliação, e por padrão, é pedido ao jogador para efetuar as tacadas o mais “direito” possível, isto é, levando a bola numa trajetória paralela à linha que une o ponto mais distal dos pés, não colocando outras restrições ou condições no modo como o jogador realiza o swing para o objetivo. Não foram colocadas imposições à frequência das tacadas.



Figura 4. Setup completo

Entre cada swing o treinador e jogador fazem a avaliação da qualidade da performance. O modo de avaliação tem por base e semelhança o trabalho de Neal, Lumsden, Holland e Mason (2007), mas que adaptamos de modo a tornar-se uma avaliação que consideramos mais objetiva. Para tal, o registo é efetuado em fichas criadas para o efeito (apêndice A). Esta ficha contempla uma tabela, sendo a avaliação dada através de uma nota de 1 a 5 (de muito mau a muito bom, respetivamente), ficando ao critério de cada participante o modo como avalia o swing, e garantindo que as avaliações do jogador e treinador são independentes. A média das notas é logo calculada pelo investigador, por forma a contabilizar em qual dos grupos de performance (intra-sujeito) fica cada swing. Consideraram-se três conjuntos de valores: [alto $\geq 4,5$]; [2,5 < médio $< 4,5$]; [baixo $\leq 2,5$]. O jogador deverá efetuar tacadas até se ter um número mínimo de 10 swings bons e 10 swings maus.

Posteriormente, terminada a recolha de dados, estes são exportados do software MVN Studio Pro (versão 3.5.1), em formato “.c3d” para o software Visual 3D (versão 5.01.15, C-Motion Inc., Germantown, MD). A utilização do Visual 3D teve como propósito o processamento dos dados, com o estabelecimento dos sistemas de coordenadas definidos, e a computação cinemática. Para tal, foi seguido o proposto por Magarreiro (2015), seguindo os passos: 1) construção do modelo para golfe; 2) visualização do ficheiro dinâmico; 3) construção de dados automatizados; 4) construção de relatórios.

No Visual 3D foi elaborado o modelo, definido com as mesmas eminências ósseas cujas coordenadas são obtidas pelo Xsens, por cálculo de cinemática inversa, com a minimização das distâncias entre marcas homólogas (referente às características do modelo cinemático descritas no ponto 3.3.2). Aos dados recolhidos (pelo Xsens, em bruto), foi

aplicado pelo Visual 3D um filtro *low-pass* Butterworth com frequência de cut-off de 12 Hz. Consideraram-se para análise, os eventos definidos por Ball e Best (2007) descritos na tabela 1.

A construção dos dados automatizados, traduziu-se na criação de um *pipeline* que integra todo o processo de tratamento dos dados, desde a sua introdução no sistema, adaptação ao modelo, filtros de sinal, cálculos matemáticos para definição automática de eventos pretendidos e para cálculo dos resultados pretendidos na avaliação, e criação de relatórios/gráficos finais.

3.4 Métodos de análise de dados

Para cada articulação, e entre os eventos definidos como significantes (sendo que, por exemplo, uma variável estatisticamente significativa no TB e no MB, incluirá também o evento intermédio – ED), é calculada a média dos traçados de cada um dos grupos, assim como o seu desvio padrão. São também aplicados neste trabalho a distância euclidiana simples e consequentemente, o RMSE (*root mean square error*), por forma a determinar o grau de *erro* entre dois traçados/séries temporais, através da sua comparação. O RMSE é a raiz quadrada da média do quadrado das distâncias (euclidianas), sendo considerado uma boa medida de precisão (Hyndman & Koehler, 2006). Os traçados comparados foram normalizados em termos temporais, para permitir essa comparação.

4. RESULTADOS

Este capítulo surge dividido em resultados associados à definição de variáveis, seguido dos resultados do protocolo em termos de output.

4.1 Variáveis

Relativamente às variáveis a integrar o protocolo, estas foram obtidas tendo em conta as três fases descritas na metodologia, a que correspondem respetivamente os pontos 4.1.1, 4.1.2 e 4.1.3. Apresentam-se em seguida os respetivos resultados.

4.1.1 Recomendações genéricas do swing pelo literatura

Uma revisão generalizada das recomendações do swing levou-nos a obter a informação que se segue, discriminada por articulações, e incluindo o plano do swing.

Coluna

A influência da coluna/tronco tem sido estudada tendo em conta os seus três planos de movimento. Consideramos assim, a flexão/extensão, flexão lateral e rotações. São as rotações que têm merecido mais atenção, sendo estudadas sob a forma de X-factor, que se traduz na diferença entre a rotação da cintura escapular com a pélvica (Hume et al., 2005). No entanto, num trabalho de análise da opinião dos treinadores sobre os fatores preponderantes na sua análise do swing, estes consideraram que a flexão lateral e a flexão do tronco são também duas importantes variáveis da avaliação, considerando-as como parâmetros chave (Smith, Roberts, Wallace & Forrester, 2012).

A amplitude do swing é determinada pelo conjunto da amplitude do ombro esquerdo com a coluna, sendo que, genericamente, um swing de maior amplitude levará a melhores resultados da VCT (Hume et al., 2005). Será assim expectável que quanto maior for a rotação do tronco, de modo a aumentar o swing (rotação direita), maior a VCT. Mas no entanto, parece que mais importante não é tanto a rotação do tronco superior ou da pélvis isoladas, mas sim o X-factor.

A literatura aponta várias formas de analisar o X-factor, sendo que a diferença de modos de avaliação pode ter implicações nos seus resultados (Brown, Selbie & Wallace, 2013; Hellström, 2009; Joyce et al., 2010). Associado a diferentes modos de avaliação, existem diferentes definições. Kwon et al. (2013) descrevem o X-fator como sendo a separação entre a rotação do tronco superior (ombros/tórax) do tronco inferior (pélvis). Outros trabalhos referem ser a separação entre a linha que une as duas ancas e a linha que une os dois ombros

relativamente ao plano transversal (Myers et al., 2008). Mas dado o movimento do swing envolver a nível da coluna movimento nos três planos, incluindo rotação, flexão lateral e flexão (Hellstrom, 2009), um trabalho de Horan et al. (2010) investigou o X-factor do ponto de vista tridimensional não contemplando as definições anteriores.

Chu et al. (2010) e Hume et al. (2005) citam que vários trabalhos têm observado que jogadores com maior velocidade de bola limitam a rotação da cintura pélvica no backswing. Sugerem que os resultados podem ser um sinal de que os jogadores começam a rotação pélvica “para a frente” (esquerda) ainda antes de chegarem ao topo do backswing, o que pode levar ao aumento do X-factor, assim como facilitar a realização de um movimento sequencial do tronco e consequentemente do corpo, característica considerada das mais importantes no swing (Okuda et al., 2010). Também Myers et al. (2008), num estudo sobre o X-factor referem que jogadores de topo com maiores distâncias tendem a ter uma maior separação entre cinturas. Cheetham, Martin, Mottram e Laurent (2000), comparando profissionais relativamente a amadores, referem que o X-factor no topo do backswing foi 11% maior nos primeiros. Mas o destaque foi para o X-factor no downswing, em que os jogadores profissionais mostraram ser significativamente maior, de 19%, na fase inicial do downswing. Apontam assim que enquanto o X-factor no topo do backswing pode contribuir para maior distância de bola, a magnitude do alongamento do X-factor visto na fase inicial do downswing pode ser ainda mais importante para atingir melhores resultados de distância de bola. Estes autores, assim como Zhang e Shan (2013) sugerem que parece ser de facto, na fase de transição do backswing para o downswing que o X-factor se mostra mais importante.

Chu et al. (2010) sugerem assim que em vez de os jogadores tentarem rodar mais o tronco e pélvis, deverão sim trabalhar a separação das duas cinturas. Para tal, Myers et al. (2008) sugerem que, se deva limitar a amplitude de rotação da cintura pélvica.

De modo distinto em termos de metodologia, Sweeney, et al (2011) estudaram a restrição do X-factor. Apontam que a sua restrição leva a uma VCT ligeiramente superior em diferentes partes do downswing, mas com resultado inverso no impacto do taco na bola.

Chu et al. (2011) abordam também a velocidade angular das rotações e enfatizam a sua importância na rotação do tronco, considerando ser influenciador dos eventos seguintes à aceleração, sendo mesmo o mais importante “preditor” na aceleração. No momento da aceleração (downswing), esta variável é especialmente responsável pela variação da velocidade da bola, em relação às outras variáveis.

Quanto à flexão do tronco, Chu et al. (2010) indicam que este ângulo deve ser mantido praticamente constante desde o topo do swing em direção ao impacto, de modo a que a rotação do tronco seja mantida num plano. Os autores fazem a ligação à indicação habitual dos treinadores, que habitualmente recomendam a manutenção da flexão do tronco como um elemento chave da postura, e que deve ser estabelecido logo desde o set-up. Consideraram esta variável como uma das mais importantes no momento do impacto.

A flexão/inclinação lateral do tronco é também considerada como fator influenciador do resultado do swing. Chu et al (2010) apontam que a inclinação lateral do tronco ajuda a criar um ângulo do trajeto da cabeça do taco em direção à bola, com o alinhamento apropriadamente mantido entre o taco, membros superiores e tronco. Estes autores, assim como Okuda et al. (2010) salientam a sua importância não só em relação à amplitude mas também à velocidade angular. Os autores referem que o movimento deve ocorrer num curto espaço de tempo, aquando da aproximação à bola, já que uma inclinação precoce pode restringir a rotação do tronco.

Ombros

Chu et al. (2010) referem-se ao contributo dos ombros no swing, apontando que uma maior rotação para cima e para trás do taco (para o qual contribuem os ombros) foi preferida pelo seu modelo, em termos de velocidade da bola, tendo Healy (2009) e Penner (2003) referências semelhantes. Mitchell, Banks, Morgan e Sugaya (2003) apontam que apesar da amplitude ser importante no swing, os jogadores para obterem mais potência no swing, podem efetuar compensações, nomeadamente fazendo mais abdução em vez de flexão (relativamente ao ombro direito).

É de atentar no facto de que alguns trabalhos consideram o “movimento dos ombros” como sendo o movimento de rotação da cintura escapular, ou eventualmente do tronco superior (Burden, Grimshaw & Wallace, 1998; Hume et al., 2005; Joyce et al., 2010), por oposição ao movimento do ombro propriamente dito, nos seus três planos de movimento (Chu et al., 2010; Healy, 2009; Mitchell et al. 2003). Assim, ao referir-mo-nos neste trabalho aos ombros, falamos do ombro enquanto articulação *per si*.

Cotovelos

O cotovelo é uma articulação sobre a qual a literatura apresenta parca informação relativamente à sua influência sobre o swing, dado o limitado número de referências a esse respeito. De uma forma mais descritiva do que científica propriamente dita, Hume et al. (2005), na sua revisão, apresentam valores de amplitudes articulares desejáveis dos cotovelos

ao longo do swing, de extensão no BC, apenas Healy (2009) refere dados significativos e concretos.

Punhos

O movimento dos punhos no swing tem merecido uma elevada consideração na literatura. Tem sido estudado frequentemente enquanto movimento de *cocking/uncocking*, que em português, do ponto de vista prático, toma a expressão “quebra de punhos”. No entanto, apesar de muito estudado, não tem sido consensual a definição do que caracteriza este movimento. Fedorcik, et al. (2012) explicam o cocking de punhos como sendo o movimento que incorpora desvio radial bilateral com extensão do punho direito, e determinado pelo ângulo entre o eixo longitudinal do antebraço direito e o eixo longitudinal do taco. Hume et al (2005) não são tão específicos e referem como sendo o ângulo entre o taco e o antebraço (esquerdo, omissamente). Já Penner (2003), numa explicação um pouco mais complexa, refere-se como sendo o ângulo entre o taco e o conjunto representado pelos ombros e antebraços, que rodam sobre um fulcro que correspondente ao ponto médio entre os ombros. Healy et al. (2011) referem apenas que é a posição de desvio radial esquerdo. McLaughlin e Best (1994) falam em *uncocking* como sendo o desvio cubital a partir de uma posição de desvio radial (esquerdo).

Para além do movimento de cocking, notamos o trabalho de Fedorcik et al. (2012), Healy (2009) e Healy et al. (2011) que apesar de o abordarem do ponto de vista descritivo, os seus trabalhos visaram o estudo discriminado dos movimentos de desvio radial/cubital e flexão/extensão de ambos os punhos.

Apesar da falta de consenso relativamente à descrição e consequente análise do movimento dos punhos, não têm existido dúvidas de que o punho se apresenta como uma das articulações que mais influência tem sobre o swing, nomeadamente sobre a VCT, assim como sobre a orientação dada à bola (Fedorcik et al., 2012; Hume et al 2005; Sweeney et al., 2011; Zhang & Shan, 2013). Robinson (1994) no seu trabalho chegou ao valor de 60,3% como sendo o valor da importância relativa do movimento de cocking sobre VCT.

Sweeney et al. (2011), apontam também que a restrição do movimento de flexão/extensão dos punhos em diferentes fases do downswing resultaram em aumentos da VCT, mas com resultado inverso no impacto, em que causaram um decréscimo significativo da VCT, pelo que o timing do movimento parece ser fundamental. Penner (2003) e Zhang e Shan (2013) defendem que no downswing, o movimento de uncocking deve existir, ser rápido, mas que deverá ser “atrasado” para perto do final do downswing. Os resultados de Zhang e

Shang (2013) sugerem que este atraso no uncocking pode no entanto influenciar indireta e negativamente o ângulo de saída da bola. Penner (2013) aponta que após o backswing, os punhos mantêm no downswing a amplitude de cocking até ao momento em que ocorre o ponto de “libertação natural”/uncocking. No entanto, o swing executado por um golfista de alto nível irá mesmo além, e é realizado de modo a que esse ângulo de cocking se mantenha fixo além desse ponto em que seria natural ocorrer o movimento. Zhang e Shan (2013) apontam, como referência, o momento correspondente ao MD (ou a partir daqui) como sendo o momento ótimo para início do movimento do punho, e assim, ser mais significativo sobre a VCT. Lindsay, Mantrop e Vandervoort (2008) apontam não só o momento para início do uncocking, mas referem-se ao MD, referindo no seu estudo que pelo menos até este momento, os jogadores de menor HCP tinham muito maior amplitude de cocking relativamente a jogadores de mais alto HCP. Sweeney et al. (2011) referem também que o atraso do movimento de uncocking implicará também maior velocidade do movimento, por forma a executar a amplitude em menor tempo.

Quanto ao punho e braço direitos, a flexão do punho direito parece não só ser o que tem maior amplitude de movimento, como maior pico de velocidade angular, sugerindo Sweeney et al. (2012) e Chu et al. (2010) que o punho direito tem um importante papel sobre o uncocking.

Ancas

A anca tem sido uma articulação pouco estudada, A própria definição do movimento das ancas é outro ponto da literatura a suscitar alguma confusão. Enquanto uns trabalhos se referem ao movimento da anca propriamente dito (Chu et al., 2010; Healy, 2009; Mun, Suh, Park & Choi, 2015), há autores que se referem ao movimento das ancas como sendo o movimento da cintura pélvica, isto é, a “rotação das ancas” é a rotação da cintura pélvica em relação ao plano horizontal (Burden et al., 1998; Hume et al., 2005; Joyce et al., 2010), à semelhança do que ocorre na rotação dos ombros/cintura escapular. Esta dualidade na nomenclatura poderá relacionar-se com o uso do plural ou singular, sendo que na primeira situação a literatura se pode referir às cinturas (escapular e pélvica) e na segunda, aos movimentos da articulação propriamente dita. Não encontramos referências que nos suscitem indicações direcionadas à anca propriamente dita, sendo habitualmente mais referida, como consequência do movimento do resto do corpo (Hume et al., 2005).

Joelhos

Também o joelho é uma articulação que tem merecido pouco relevo por parte da literatura, à semelhança das ancas. Curiosamente, os treinadores não parecem dar atenção aos joelhos como influenciadores do swing (Smith et al., 2012; Smith et al., 2015).

Plano do swing

Um fator que tem sido frequentemente apontado como importante para a execução de um swing ideal é o plano do swing, não só pela literatura mas pelos próprios treinadores (Smith et al., 2012; Smith et al., 2015). É habitual a indicação de que este deve ser planar (Coleman & Rankin, 2005), com os treinadores de topo a estimularem a os jogadores em permanecer no *plano*, isto é, ter um plano idêntico no backswing e no downswing (MacKenzie, 2012; Zhang & Shan, 2013). Tem-se verificado, no entanto, que em diferentes jogadores, o movimento do taco não é planar em nenhum período substancial dentro do downswing. O trabalho de Coleman e Rankin (2005) resume que o membro superior esquerdo, assim como o taco e sua cabeça, nunca se mantêm fixos num plano no downswing, colocando assim em causa o modelo de swing apontado como ideal em estudos anteriores, nos últimos 30 anos. Vai na mesma opinião a de MacKenzie (2012), que apesar de admitir que alguns jogadores fazem um movimento com o taco mais próximo de um plano que outros, afirmam que mover o taco apenas num taco pode nem ser possível nem desejável nalguns golfistas.

4.1.2 Artigos em análise para exportação de variáveis

Da pesquisa efetuada e descrita na metodologia (ver ponto 3.3.1) surgiram 77 artigos, dos quais cinco se encontravam dentro dos critérios pretendidos, isto é que comparassem os swings entre jogadores de diferentes níveis, com base em diferenças objetivas (HCP, VCT ou velocidade da bola) ou que determinasse que variáveis são preditoras de um outcome, através de sistemas de captura de movimento 3D, com eventos do swing identificados, e com valores de significância explícitos. Considerou-se para critérios de inclusão de artigos, serem de revistas *peer-review*, de conferências, ou de teses de mestrado ou doutoramento, em inglês ou português, e em texto integral, referenciados por outros trabalhos, ou que de alguma forma adicionavam valor a este trabalho. A leitura dos diferentes artigos e verificação das suas referências permitiu ainda a referenciação manual para outros quatro artigos que iam de acordo aos critérios (Keogh et al., 2007; Meister et al., 2011; Mitchell et al., 2003). Um dos artigos identificados, Healy et al. (2011) é um resumo de Healy (2009), pelo que se considerou o trabalho de origem.

Apesar de muitos estudos tentarem estabelecer a influência de determinadas variáveis sobre o swing, poucos são aqueles que transmitem de forma objetiva valores de significância estatística para as variáveis estudadas. Dado o swing ser um movimento complexo, progressivo e ordenado do ponto de vista da ocorrência dos vários movimentos, e como apontado antes, com diferentes eventos, cada um com as suas características, considerámos apenas os trabalhos que apresentassem valores de significância estatística para diferentes variáveis em diferentes eventos, especificados. Para a extrapolação de dados dos artigos, consideramos o nível de significância estatística como sendo $<0,05$. O estabelecimento deste nível de significância levou-nos a considerar variáveis inicialmente descartadas pelos seus autores como significantes. Isto porque nalguns trabalhos, foram apresentadas variáveis com valores de $p < 0,05$, mas que eventualmente poderiam estar abaixo do nível de significância considerado nesses trabalhos (por exemplo $p < 0,01$, e que poderiam ser dessa forma desvalorizados, levando-nos nesse caso, a extrapolar valores de p entre 0,01 e 0,05). Assim, seguimos o maior valor comum de significância estatística, de entre os trabalhos analisados. Os dados do conjunto dos trabalhos que preencheram os critérios pretendidos são apresentados na tabela 5.

Depois de agrupados os trabalhos que preenchessem estes critérios, foram retirados para análise as variáveis, dentro de cada artigo, assim como o seu valor de significância estatística, no que toca à relação dessa mesma variável com o outcome do estudo (velocidade de bola ou VCT) ou com os grupos previamente definidos nesses mesmos grupos. Os resultados estão explicitados na tabela 6.

A tabela 5 pretende de alguma forma homogeneizar a análise dos artigos, assim como permitir também fazer as devidas distinções. Apresenta os diferentes trabalhos analisados tendo em conta os critérios de análise. Estes critérios de análise foram definidos após a leitura dos artigos, e por forma a encontrar os dados pelos quais seriam comparáveis entre si. Apenas os critérios de pesquisa atrás expostos foram mandatórios. Assim, os critérios de análise que estabelecemos correspondem, na tabela 5, às colunas: 1) autores, 2) objetivos do estudo, 3) variáveis cinemáticas estudadas, 4) participantes (inclui o número “ n ” de participantes, que grupos os investigadores formaram, sua caracterização quanto ao número de elementos e janela de valores de HCP para os participantes, ou valores médios e eventuais desvios-padrão), 5) fator de distinção entre os grupos (HCP ou *outcome* – VCT ou velocidade de bola), e/ou, fator de avaliação dos swings, considerados pelos investigadores, 6) método de recolha de dados cinemáticos, 7) nível de significância estatística que os autores consideraram, 8) eventos do swing em que as variáveis foram analisadas e 8) qual o taco utilizado.

Tabela 5. Resumo dos estudos considerados para análise sobre variáveis

Trabalho Autores	Objetivo do estudo	Variáveis cinemáticas estudadas	Participantes (n) Grupos e HCP (intervalo ou média±DP)	Outcome de avaliação	Método de recolha dados	Nível estatístico entre variáveis e outcome/hcp	Eventos analisados	Taco
Chu, Sell & Lephart, 2010	Identificar as variáveis importantes para a velocidade de bola do driver	Anca esq Flexão (°) Joelho esq Flexão (°) Tronco superior Rotação (°) & (vel) X-factor (°) & (vel) Tronco flexão lateral (°) & (vel) Tronco flexão (tilt) (°) Punhos cocking (°) & (vel) Pélvis desvio medial-lateral (°) & (vel) Pélvis desvio superior-inferior (°) & (vel)	n = 308 Sem grupos	Vel. bola	Sistema óptico	p ≤ 0.05	-TB -2/3 de downswing -40 ms antes do BC -BC	D
Fedorcik, Queen, Abbey, Moorman & Ruch, 2012	Investigar diferenças na cinemática 3D do punho e ângulo de descida do taco, entre jogadores de ↑ e ↓ HCP	Punhos – flexão/extensão bilateral Punhos desvios Angulo de descida do taco	n = 28 Grupos: ↓HCP (<5) n=5 ↑HCP (>10) n=13	HCP	Sistema óptico	p < 0.05	-TB -> BC (valores médios) -BC (desvio radial)	F5
Healy, 2009	Identificar os fatores determinantes da performance biomecânica quando utilizado o ferro 5 para máxima distância	X Factor (°) & (vel) Ombros: 3 planos (°) & (vel) Cotovelos: F/E (°) & (vel) Punhos: Desvios; F/E (°) & (vel) Ancas: 3 planos (°) & (vel) Joelhos: F/E (°) & (vel)	n = 30 ↓ HCP (0,13±6,02) n=15 ↑HCP (9,67±7,54) n=15	Vel. bola	Sistema óptico	p ≤ 0.01	TA MB LB TB ED MD BC MF	F5
Keogh et al., 2007	Quantificar o nível e efeito da variabilidade biológica do movimento, sobre a performance do swing	Punho esq (°) – F/E Cotovelo esq e dto Coluna (°) – F/E Coluna (°) - Rotação	n =20 ↓HCP(0.3 ± 0.5) n=10 ↑HCP (20.3 ± 2.4) n=10	VCT	Video digital	p < 0.05 não especifica valor para cada variável	TA MB TB BC	F5

VCT – velocidade cabeça do taco no impacto na bola; (°) amplitude articular; vel - velocidade; ↓ - baixo; ↑ - alto; HCP – handicap; A – anos (idade); \bar{x} - média; TA - takeaway; MB – mid backswing; LB - late backswing; TB - top of backswing; ED - early downswing; MD - mid downswing; BC - ball contact; MF - mid followthrough; D – Driver; F5 – ferro 5

Tabela 5. Resumo dos estudos considerados para análise sobre variáveis (cont.)

Trabalho Autores	Objetivo do estudo	Variáveis cinemáticas estudadas	Participantes (n) Grupos e HCP	Distinção entre grupos	Método de recolha dados	Nível estatístico (entre variáveis e outcome/HCP)	Eventos analisados	Taco
Mitchell, Banks, Morgan & Sugaya, 2003	Caracterizar o normal movimento do ombro durante o swing com driver	Ombros: 3 planos (°) Rotação cintura escapular	n = 65 3 Grupos: ↓HCP (\bar{x} =3) n=19 Intermédio (\bar{x} =9) n=24 ↑HCP (\bar{x} =14) n=22	Idade	Sistema óptico	p < 0.05 consideramos apenas 1º e último grupo	TA MB TB MD BC MF	D
Myers et al., 2008	Descrever o movimento e velocidade da pélvis e tronco superior durante o swing, e determinar o seu papel na vel. da bola.	Tronco superior rotação (°) & (vel) Pélvis – Rotação (°) & (vel) X-factor (°) & (vel)	n = 100 3 grupos consoante velocidade bola: - ↓HCP(1.8+3.2) n=14 - Intermédio HCP (7.8+6.9) n=65 - ↑HCP (15.1+5.2) n=21	Vel. bola	Sistema óptico	p < 0,001	TB MD last 40 ms before impact BC	D
Okuda, Gribble & Armstrong, 2010	Examinar os padrões de rotação do tronco e de transferência de peso que possam diferenciar o nível de jogo	Tronco superior rotação (°) Flexão lateral tronco (°) Pélvis Rotação (°) Pélvis inclinação (°) Pelvis báscula (°)	n =30 ↓HCP(0.8±2.6) n=13 ↑HCP (30.8±5.5) n=17	HCP	Sistema óptico	p < 0.05	-TA -MB -TB -DS: punho esq. com maior valor no eixo Y do SCG -BC -MF	D
Meister et al., 2011	Determinar os fatores biológicos que possam influenciar a força do swing	Tronco superior rotação (°) Pélvis – Rotação (°) X-Factor O-Factor (obliquidade pélvica) S-Factor (obliquidade ombros)	n = 15 Profissionais n=10 Amadores n=5 (Amadores: HCP4 n=1, HCP15 n=1, HCP30 n=1 sem HCP n=2	“Esforço” feito para cada swing: - pouca - média - muita (correlação positiva com VCT)	Sistema óptico	Wilcoxon signed ranks tests (α = 0.05)	BC (restantes cálculos relativos a picos- máximos-e não a eventos)	F5

VCT – velocidade cabeça do taco no impacto na bola; (°) amplitude articular; vel - velocidade; ↓ - baixo; ↑ - alto; HCP – handicap; A – anos (idade); \bar{x} - média; TA - takeaway; MB – mid backswing; LB - late backswing; TB - top of backswing; ED - early downswing; MD - mid downswing; BC - ball contact; MF - mid followthrough; D – Driver; F5 – ferro 5

Várias diferenças entre os estudos estão explícitas na tabela 5. Os objetivos apresentados são, de uma forma geral, diferentes, variando entre objetivos mais genéricos em termos de avaliação ou de características mais específicas do swing. Estas diferenças prendem-se essencialmente com as variáveis utilizadas. No conjunto dos vários artigos, foram analisados (variando entre amplitude articular apenas, e esta conjugada com velocidade articular, e ainda apenas um dos lados do corpo ou os dois) o movimento do ombro (nos três planos), cotovelo (flexão/extensão), punhos (flexão/extensão; desvios – inclui cocking de punhos), anca (nos três planos), joelhos (flexão/extensão), coluna/tronco (flexão, flexão lateral, rotação), X-factor, pélvis (desvios medio-lateral e superior-inferior, rotação, inclinação lateral, báscula), e ainda O-factor (obliquidade pélvica) e S-factor (obliquidade ombros) que pela descrição não conseguimos distinguir de, respetivamente, rotação da cintura pélvica e rotação da cintura escapular em relação ao plano horizontal (que os autores já parecem estudar). Um dos trabalhos avaliou também o ângulo de descida do taco.

O HCP dos participantes foi incluído na tabela 5 de forma a percebermos se os grupos são similares perante esta variável, mesmo tendo em conta que a maioria dos trabalhos não considerou ser este o fator de distinção entre grupos criados. Esta distinção entre grupos variou entre HCP e outcomes avaliados, nomeadamente a VCT ou a velocidade da bola. No entanto, todos os autores caracterizaram os grupos também tendo em conta o HCP (ora por intervalo de valores, ora por média), à exceção do trabalho de Mitchell et al. (2003), em que a divisão foi feita com base na idade, mas à qual havia uma associação de diferentes HCP. O facto de não termos conhecimento de nenhum trabalho que objetivamente correlacione, de forma estatisticamente significativa, a idade e o HCP, levou-nos a considerar, no trabalho de Mitchell et al. (2003) valores apenas entre os grupos de média de HCP mais alta com a mais baixa. Extrapolamos no entanto, para a tabela 6, os valores de HCP de todos os grupos para comparação destes. A um grupo de menor HCP, corresponde maior velocidade de bola ou maior VCT. Relativamente à criação de grupos, a exceção, por não ter, é o trabalho de Chu et al. (2010), em que os autores usaram uma regressão múltipla linear para estabelecer se uma determinada variável independente se relaciona diretamente com uma variável dependente (variáveis cinemáticas relativamente à velocidade da bola).

Os dados cinemáticos foram, na generalidade, captados por sistemas óticos. A exceção foi o trabalho de Keogh et al. (2007), em que usaram vídeo. Nenhum dos trabalhos utilizou um sistema como o que usamos no nosso protocolo.

O nível de significância estatística variou entre $p \leq 0,05$ e $p < 0,001$. É de notar no entanto que os autores que consideraram $p < 0,001$ (Myers et al. 2008) e $p < 0,01$ (Healy, 2009), apresentam valores estatísticos entre estes níveis de p e 0,05.

Os eventos identificados marcaram também distinções entre os trabalhos. Dado que utilizamos a nomenclatura de Ball e Best (2007), as designações de eventos, por outros autores, que correspondessem a algum dos eventos identificados por Ball e Best (2007), tomaram o nome dado ao evento por estes últimos. Houve ainda autores a considerarem o momento de 2/3 do downswing (Chu et al., 2010), 40 msec antes do BC (Chu et al., 2010; Myers et al. 2008), e o momento em que o punho esquerdo mais se afastou do corpo segundo o eixo Y do SCG (Okuda et al., 2010). Mitchell et al. (2003) diferenciaram-se quanto aos eventos, por não considerarem valores de variáveis em determinado evento, e sim valores máximos e mínimos, para os quais estabeleceram significância entre grupos, e que ocorreram em torno de eventos. Meister et al. (2011) apenas consideraram o BC, sendo os restantes cálculos relativos a picos-máximos-e não a eventos.

O taco utilizado variou sempre entre o ferro 5 e o driver.

Os diferentes artigos da tabela 5 estabelecem níveis de significância estatística. Estes níveis revelam quais as variáveis que, de acordo com os objetivos e critérios de cada trabalho, se mostraram significantes nos outcomes estudados, nomeadamente, sobre as variáveis cinemáticas estudadas e que estão descritas na terceira coluna da tabela. Tendo em conta o maior valor comum de nível significância estatística nos artigos da tabela 5, que foi de $p < 0,05$, consideramos ser esse o valor para extrapolação de variáveis. Assim, todas as variáveis, nos artigos selecionados, que, nas condições do trabalho em que se inserem, obtiveram nível $p < 0,05$ (de acordo com os resultados da estatística realizada pelos autores de cada um dos trabalhos), foram organizados e transpostos para a tabela 6.

Tendo em conta os resultados da tabela 6, o protocolo integra o estudo tanto de amplitudes articulares como de velocidades angulares de movimentos. E consideraram-se para avaliação, as seguintes articulações e respetivos movimentos: coluna (flexão/extensão, flexão lateral e rotações/X-factor), ombro esquerdo (flexão/extensão, adução/abdução, rotações), ombro direito (flexão/extensão, rotações), cotovelo esquerdo e direito (flexão/extensão), punho esquerdo (flexão/extensão, desvio cubital/radial), anca esquerda (adução/abdução), anca direita (flexão/extensão, adução/abdução) e joelho esquerdo (flexão/extensão). Já relativamente a velocidades angulares consideraram-se estatisticamente significativas a nível da

Tabela 6. Variáveis cinemáticas e sua significância

Articulação / Ângulo	Movimento	Componente cinemática em estudo	Fases swing	Nível de significância/ autores
Coluna	X-Factor	Ângulo articular	TB	Chu et al. (2010) $p < 0.001$ Myers et al. (2008) $p < 0.001$
			ED	Healy (2009) $p < 0.003$
			MD	Healy (2009) $p < 0.001$
			BC	Healy (2009) $p < 0.001$
			MF	Healy (2009) $p < 0.001$
		Velocidade de separação de segmentos	TB	Myers et al. (2008) $p = 0.041^*$
			MD	Healy (2009) $p < 0,05^*$ Myers et al. (2008) $p < 0.001$
			BC	Healy (2009) $p < 0,02^*$
	Flexão / extensão	Ângulo articular	MD	Chu et al. (2010) $p < 0.01$
			BC	Chu et al. (2010) $p < 0.001$
	Flexão lateral	Ângulo articular	TB	Chu et al. (2010) $p < 0.001$
			MD	Chu et al. (2010) $p < 0.01$
			BC	Chu et al. (2010) $p < 0.001$
			MF	Okuda et al 2010 $p < 0.05$
		Velocidade angular	MD	Chu et al. (2010) $p < 0.001$
			BC	Chu et al. (2010) $p < 0.02$
Ombro esquerdo	Flexão / extensão	Ângulo articular	MB	Healy (2009) $p < 0.02^*$
			LB	Healy (2009) $p < 0.001$
			TB	Chu et al. (2010) $p < 0.001$ Healy (2009) $p < 0.002^*$
			ED	Mitchell et al. (2003) $p < 0.05$
			MD	Chu et al. (2010) $p < 0.03$
		Velocidade angular	BC	Chu et al. (2010) $p < 0.05$ Healy (2009) $p < 0.03^*$
			MF	Healy (2009) $p < 0.05^*$
			MB	Healy (2009) $p < 0.04^*$
			LB	Healy (2009) $p < 0.01$
			ED	Healy (2009) $p < 0.001$
	Rotação	Ângulo articular	MB	Healy (2009) $p < 0,01$
			LB	Healy (2009) $p < 0.001$
		Velocidade angular	TB	Healy (2009) $p < 0.03^*$
			MF	Mitchell et al. (2003) $p < 0.05$
	Adução/ abdução	Ângulo articular	ED	Healy (2009) $p < 0.03^*$
			TA	Healy (2009) $p < 0.04^*$
		Velocidade angular	MF	Healy (2009) $p < 0.05^*$
			TB	Healy (2009) $p < 0.02^*$
Ombro direito	Flexão / extensão	Ângulo articular	MD	Healy (2009) $p < 0.02^*$
			BC	Healy (2009) $p < 0.001$
			MB	Healy (2009) $p < 0.003$
			LB	Healy (2009) $p < 0.004$
		Velocidade angular	TB	Healy (2009) $p < 0.01$
			MF	Mitchell et al. (2003) $p < 0.05$
			MB	Healy (2009) $p < 0.05^*$
			TB	Healy (2009) $p < 0.04^*$
	Rotação	Ângulo articular	ED	Healy (2009) $p < 0.002$
			MF	Healy (2009) $p < 0.03^*$
		Velocidade angular	LB	Healy (2009) $p < 0.04^*$
			TB	Mitchell et al. (2003) $p < 0.05$
	Adução/ abdução	Velocidade angular	TB	Healy (2009) $p < 0.05^*$
			MF	Healy (2009) $p < 0.04^*$
	Adução/ abdução	Velocidade angular	MD	Healy (2009) $p < 0.03^*$
			MD	Healy (2009) $p < 0.03^*$

Tabela 6. Variáveis cinemáticas e sua significância (cont.)

Articulação / Ângulo	Movimento	Componente cinemática em estudo	Fases swing	Nível de significância/autores
Cotovelo esquerdo	Flexão / extensão	Ângulo articular	MB	Healy (2009) $p < 0.04$
			LB	Healy (2009) $p < 0.03^*$
			TB	Healy (2009) $p < 0.02^*$
			ED	Healy (2009) $p < 0.004$
Cotovelo direito	Flexão / extensão	Ângulo articular	MB	Healy (2009) $p < 0.02^*$
			LB	Healy (2009) $p < 0.03^*$
		Velocidade angular	LB	Healy (2009) $p < 0,01$
			TB	Healy (2009) $p < 0.02^*$
			ED	Healy (2009) $p < 0.02^*$
Punho esquerdo	Flexão / extensão	Ângulo articular	TA	Keogh et al 2007 $p < 0.05$
			BC	Keogh et al 2007 $p < 0.05$
	Desvios	Ângulo articular	TB	Chu et al. (2010) < 0.02
			MD	Chu et al. (2010) $p < 0,001$
			BC	Chu et al. (2010) $p < 0.03$ Fedorcik et al. (2012) $p < 0.001$
			MD	Healy (2009) $p < 0.004$
	Desvios	Velocidade angular	BC	Chu et al. (2010) $p < 0.02$
			BC	Healy (2009) $p < 0.03^*$
Punho direito	Flexão / extensão	Velocidade angular	ED	Healy (2009) $p < 0,02^*$
			MD	Healy (2009) $p < 0,01$
Anca esquerda	Rotações	Velocidade angular	ED	Healy (2009) $p < 0,01$
			MD	Healy (2009) $p < 0,05^*$
			BC	Healy (2009) $p < 0,02^*$
			MD	Healy (2009) $p < 0.04^*$
	Adução/ abdução	Ângulo articular	BC	Healy (2009) $p < 0.04^*$
			ED	Healy (2009) $p < 0,03^*$
		Velocidade angular	MD	Healy (2009) $p < 0.004$
			MD	Healy (2009) $p < 0,01$
Anca direita	Flexão / extensão	Ângulo articular	BC	Healy (2009) $p < 0,01$
			MF	Healy (2009) $p < 0,02^*$
			TA	Healy (2009) $p < 0,03^*$
	Adução/ abdução	Ângulo articular	MB	Healy (2009) $p < 0,04^*$
			ED	Healy (2009) $p < 0.001$
			MD	Healy (2009) $p < 0.001$
			BC	Healy (2009) $p < 0.001$
			TB	Chu et al. (2010) $p < 0,001$
Joelho esquerdo	Flexão / extensão	Ângulo articular	MD	Healy (2009) $p < 0.03^*$
			ED	Healy (2009) $p < 0.001$
		Velocidade	MD	Healy (2009) $p < 0,01$
			MF	Healy (2009) $p < 0.02^*$
			MF	Healy (2009) $p < 0.02^*$

* valores não considerados como estatisticamente significante pelos autores que obtiverem o resultado, mas que consideramos para o protocolo, dado $p \leq 0,05$

coluna (flexão lateral e rotações/X-factor), ombro esquerdo (flexão/extensão, adução/abdução, rotações), ombro direito (flexão/extensão, adução/abdução, rotações), cotovelo direito (flexão/extensão), punho esquerdo e direito (desvios), anca esquerda (flexão/extensão, adução/abdução e rotações), e joelho esquerdo (flexão/extensão).

Da lista de movimentos apresentados na tabela 6, e tendo em conta a análise crítica da literatura efetuada, é importante apontar o resultado que se propôs, no que toca à definição de

dois dos movimentos que têm trazido maior confusão: X-factor (que integramos a nível da coluna), e cocking de punhos.

A nível da coluna, foram considerados movimentos nos três planos. Consideramos a flexão da coluna, movimento segundo o plano sagital, e a flexão lateral como sendo o movimento segundo o plano frontal. As rotações não foram avaliadas *per si*, mas sim através do X-factor, tendo em conta o movimento da cintura escapular relativamente à cintura pélvica, segundo o eixo Z.

Relativamente ao movimento de cocking dos punhos, este não está desta forma apontado na tabela 6, considerando-se seguro considerar como sendo revelado essencialmente pelo movimento de desvio radial do punho esquerdo, movimento este segundo o eixo Y.

As tabelas 7 e 8 apresentam, respetivamente, os eventos em que foram estudadas os ângulos articulares, tendo em conta os momentos em que foi encontrada, nas respetivas variáveis, valores de significância estatística nos trabalhos apresentados na tabela 5.

Todos os eventos se mostraram, pelo menos em relação a uma variável, como sendo marcadores temporais de evidência de diferenças entre swings dos grupos em análise nos diferentes trabalhos.

Tabela 7. Eventos em estudo dos ângulos articulares

Variáveis – Ângulos articulares		Eventos							
		TA	MB	LB	TB	ED	MD	BC	MF
Coluna	X-Factor								
	Flexão / extensão								
	Flexão lateral								
Ombro esquerdo	Flexão / extensão								
	Rotações								
	Adução/abdução								
Ombro direito	Flexão / extensão								
	Rotações								
Cotovelo esquerdo	Flexão / extensão								
Cotovelo direito	Flexão / extensão								
Punho esquerdo	Flexão / extensão								
	Desvios								
Punho direito	Desvios								
Anca esquerda	Rotações								
	Adução/abdução								
Anca direita	Flexão / extensão								
	Adução/abdução								
Joelho esquerdo	Flexão / extensão								

Tabela 8. Eventos em estudo das velocidades angulares

Variáveis – Velocidades angulares		Eventos							
		TA	MB	LB	TB	ED	MD	BC	MF
Coluna	X-Factor								
	Flexão lateral								
Ombro esquerdo	Flexão / extensão								
	rotações								
	Adução/abdução								
Ombro direito	Flexão / extensão								
	rotações								
	Adução/abdução								
Cotovelo direito	Flexão / extensão								
Punho esquerdo	Desvios								
Anca esquerda	Flexão / extensão								
	Adução/abdução								
Joelho esquerdo	Flexão / extensão								

4.1.3. Questionário de avaliação de treinadores e jogadores

Este ponto corresponde à terceira fase atrás antecipada, e pretendeu perceber junto de um conjunto de experts (tipo método painel de Delphi) e usando um questionário (apêndice B), a sua opinião quanto à relevância das variáveis compiladas no protocolo para a prática/treino do swing. Nomeadamente, em relação aos ângulos articulares e velocidades angulares apresentados, se outras variáveis seriam importantes acrescentar, e ainda qual a opinião sobre a aplicabilidade e vantagens do uso de relatórios, incorporando gráficos de resultados (incluindo um gráfico de exemplo).

Obtivemos a participação de uma amostra de conveniência, composta por um jogador profissional de topo em Portugal, e o seu treinador.

O questionário referido foi preenchido por dois elementos, sendo um deles um jogador profissional de golfe, e o seu treinador. Os questionários foram preenchidos com o investigador, com o intuito de satisfazer dúvidas relativamente à interpretação das perguntas e variáveis. A resposta relativamente à relevância das diferentes variáveis (retiradas da tabela 6) encontra-se resumida, de forma conjunta, na tabela 9 (perguntas 1.1 e 1.2 do apêndice B).

Da tabela 9 retira-se que o treinador dá mais importância a todas as variáveis apresentadas, relativamente ao jogador, especialmente no que toca à “quantidade” de movimento. Os valores não são tão distintos no que toca à velocidade dos movimentos. Se relativamente às amplitudes, o treinador considerou todas importantes, temos no outro extremo o jogador a considerar que nenhuma variável de velocidade angular, à exceção do X-factor, se mostra relevante.

Relativamente às justificações sumárias das respostas, tanto um como outro participante fez uma interpretação da importância das variáveis como contributo para o swing geral, e dessa forma, para a velocidade e trajetória da bola. O jogador justificou as respostas negativas dizendo que as variáveis apresentadas não são algo em que pense quando quer influenciar o swing, mas compreendendo que no limite, qualquer movimento influencia o swing. Já para as velocidades, o treinador concordou com a relevância das variáveis de membro superior, ao dizer que contribuem todas para o ritmo do backswing, e dessa forma devem ser controladas. Já o jogador, referiu que pensar em velocidades articulares durante a execução do swing é complicado e que na prática não interpreta o swing nessa perspectiva.

Quanto a variáveis a acrescentar, o jogador aponta que o *timing* de cada variável (não apresentado no questionário, mas relacionado com os eventos determinados), assim como a velocidade global do swing (que é influenciado pelas várias componentes/variáveis de velocidade apresentadas) são fatores a observar. Já o jogador chamou a atenção para o movimento de adução/abdução do ombro direito, como sendo importante e um erro comum em jogadores menos experientes (“chicken wing”). Referiu ainda a importância das mãos como reveladoras de tacadas inadvertidamente mais à esquerda ou direita.

O questionário abordou ainda um gráfico de exemplo de relatório (figura 5). Quando contextualizado, houve concordância de ambos os participantes quanto à mais-valia de um relatório com este tipo de informação, a ser usado enquanto fonte de feedback para identificação de potenciais problemas e correção dos mesmos.

4.2 Relatórios de avaliação segundo protocolo desenvolvido

O desenvolvimento do protocolo de avaliação pretende dar ao utilizador informação sobre o seu swing, cuja interpretação permita o desenvolvimento de determinada característica. O valor do RMSE para cada variável ditará que variáveis apresentam maior diferença entre as diferentes variáveis (não sendo específico relativamente ao ponto do swing em que se verificou maior diferença), sendo que o report em termos gráficos nos demonstrará como foi a variação.

Tabela 9. Resultados do questionário a treinador e jogador

Variáveis		RESPOSTA							
		Ângulos articulares				Velocidades angulares			
		Jogador		Treinador		Jogador		Treinador	
		Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não
Coluna	X-Factor	X		X		X		X	
	Flexão / extensão	X		X		-	-	-	-
	Flexão lateral	X		X			X		X
Ombro esquerdo	Flexão / extensão		X	X			X	X	
	Rotações		X	X			X	X	
	Adução/abdução		X	X			X	X	
Ombro direito	Flexão / extensão		X	X			X	X	
	Rotações		X	X			X	X	
	Adução/abdução	-	-	-	-		X	X	
Cotovelo esquerdo	Flexão / extensão		X	X		-	-	-	-
Cotovelo direito	Flexão / extensão		X	X			X	X	
Punho esquerdo	Flexão / extensão		X	X		-	-	-	-
	Desvios	X		X			X		X
Punho direito	Desvios		X	X		-	-	-	-
Anca esquerda	Flexão / extensão	-	-	-	-		X		X
	Rotações	-	-	-	-		X		X
	Adução/abdução	X		X			X		X
Anca direita	Flexão / extensão		X	X		-	-	-	-
	Adução/abdução	X		X		-	-	-	-
Joelho esquerdo	Flexão / extensão	X		X			X		X

Na figura 5, temos o exemplo de um gráfico de avaliação do X-Factor, no que toca a amplitudes articulares. O eixo das abcissas corresponde ao tempo e vai de 0% a 100%, e o eixo das ordenadas corresponde à amplitude de movimento. Neste exemplo, considera-se desde o evento TS ao MF (de acordo com os considerados na tabela 7 para o X-factor). A linha a vermelho representa a média dos valores dos swings, considerados maus, e a verde a linha dos considerados bons. O desvio padrão de ambos está marcado, de fundo, com as cores correspondentes.

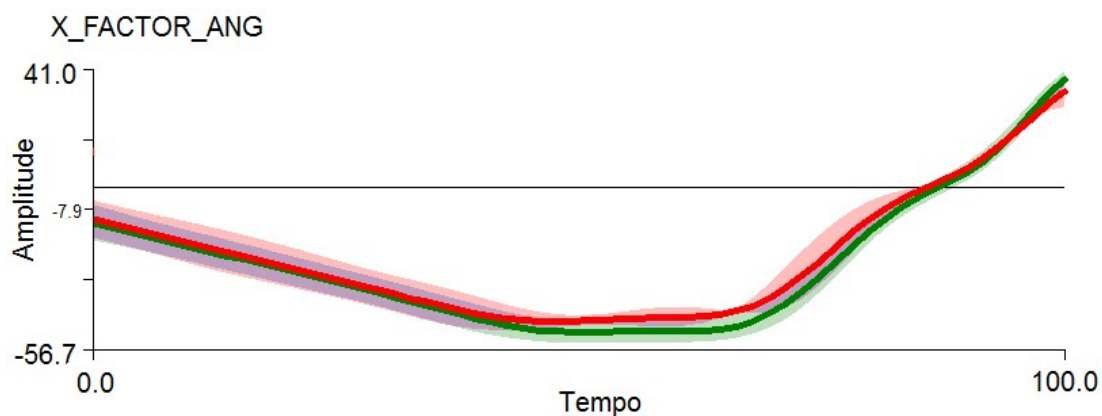


Figura 5. Gráfico de output para o X-Factor - amplitude.
0.0 corresponde ao evento TS e 100.0 corresponde ao evento MF

A figura 5 mostra que na fase inicial da avaliação (TS), os valores são muito idênticos, havendo no entanto uma maior amplitude, de forma consistente, pouco depois do início, e que se inverte apenas no followthrough. Deste gráfico, surgirá a indicação de que o jogador deverá tentar atingir um maior X-factor, já que essa alteração está associada aos melhores swings.

O gráfico é moldável às variáveis que fazem maior sentido ao treinador e/ou jogador, podendo o utilizador optar, além dos gráficos de cada uma das variáveis, ter o valor de RMSE que pretenda. O sistema permita comparar o início de cada evento dentro do swing.

5. DISCUSSÃO

O objetivo deste trabalho foi contribuir para o desenvolvimento de um protocolo de análise cinemática do swing de golfe, tendo como variáveis sob avaliação, as que fossem demonstradoras, do ponto de vista científico, do seu efeito sobre os resultados do swing. Desta forma, pretendeu-se também contribuir para incrementar as competências do LMH, com a standardização dos procedimentos de avaliação na área do golfe.

Para tal foi feito um levantamento dos trabalhos já antes realizados, que avaliassem variáveis relacionadas com a qualidade do swing. Da vasta literatura que verificamos existir e que de alguma forma contribui para o desenvolvimento da ciência ligada ao golfe, não temos conhecimento de nenhum trabalho que seja exaustivo no estabelecimento de um protocolo com estas características. Uma das questões mais notórias relaciona-se com as variáveis a abordar, já que a maioria dos estudos que de alguma forma tenta avaliar a relação entre diferentes variáveis, foca-se apenas em algumas, e frequentemente, apenas em eventos específicos do swing, sendo a escolha desses mesmos eventos, pouco sustentada no que toca à significância estatística. O trabalho que de longe foi mais exaustivo, metódico, esclarecedor e reprodutível trata-se o de Healy (2009), ao comparar um leque extenso de variáveis, conjuntamente com um elevado conjunto de eventos.

Os estudos na área científica do golfe que envolvem a cinemática cingem-se ao estudo de movimentos e articulações. Relativamente à terceira componente da cinemática, a aceleração (Robertson & Caldwell, 2014), poucos foram os trabalhos em que o seu estudo foi incluído. Cheetham et al. (2008) abordou especialmente as acelerações, mas reportou-se à sequenciação do movimento do swing, enquanto neste protocolo nos referimos às variáveis (*articulações*) isoladas.

Os resultados (capítulo 4) apresentam a caracterização dos vários trabalhos, e demonstram a heterogeneidade entre eles. Os objetivos dos diferentes trabalhos variaram, condicionando naturalmente as variáveis em estudo. Não só alguns trabalhos estudaram diferentes variáveis, e portanto que não poderiam logo à partida ser comparados entre grupos, mas também algumas outras variáveis deixaram dúvidas relativamente à sua definição, e que movimento ao certo representam.

A literatura tem sido pouco consensual e têm sido levantadas dúvidas, principalmente, no que se refere aos movimentos do punho e à relação entre X-Factor e os seus componentes (Brown et al., 2013).

Relativamente ao punho, a diferença entre descrições do movimento de cocking (Fedorcik, et al., 2012; Healy et al., 2011; Hume et al., 2005; McLaughlin & Best, 1994; Penner, 2003) leva-nos a evitar o uso do termo. Uma descrição concertada do que é o movimento, torna-se necessária, de modo a permitir uniformizar procedimentos e comparação de resultados, e ainda de modo a permitir uma melhor adaptação desses resultados dos trabalhos à componente prática do golfe, nomeadamente nas indicações de treinadores. Para este trabalho, assumimos, como sendo um movimento dado pelo grau de desvios do punho esquerdo.

Relativamente à rotação do tronco, surgiram várias dúvidas. Rotação do tronco superior, rotação da cintura escapular, X-Factor, são movimentos que surgem nos diferentes trabalhos, e que estão diretamente inter-relacionados mas que serão diferentes. “Pélvis” e “ancas”, assim como “tronco”, “tórax”, “*torso*” e ombros surgem frequentemente com o mesmo significado (Brown et al., 2013). Em relação à rotação da cintura escapular, apesar de ser, frequentemente e à partida, num movimento normal, associada à rotação do tronco superior, parece-nos que pode no entanto não ser uma medida fidedigna desta, já que um sujeito pode influenciar o movimento da cintura escapular relativamente ao SCG (como tem sido estudado), sem recorrer a movimento do tronco superior. Desta forma, a assunção de que são variáveis idênticas parece-nos falível. Em conjunto com estas considerações e sendo que o X-Factor é dependente do(s) anterior(es) e tem sido apontado por vários autores que a importância da rotação do tronco é mais importante sobre a forma de X-Factor (Hume, 2005) do que propriamente a rotação isolada da cintura pélvica/”ancas” ou cintura escapular/tronco superior/”ombros”, decidimos incluir no protocolo apenas o X-Factor, em detrimento das rotações de cinturas, mesmo tendo conhecimento que alguns trabalhos valorizam estas componentes do swing, de forma isolada.

O cálculo X-Factor levanta também questões metodológicas. Brown et al. (2013) identificam três metodologias diferentes apresentadas na literatura. Na primeira (Horan et al., 2010), calculam-se os ângulos 3D da pélvis e tórax em relação ao SCG. O X-Factor foi calculado subtraindo a componente Z (eixo vertical) dos ângulos dos segmentos. O segundo método (Chu et al., 2010; Myers et al., 2008) calcula a orientação relativa da pélvis e tórax em relação ao plano transversal global, calculando as projeções dos segmentos sobre esse plano, e fazendo a subtração entre os dois segmentos. No terceiro método (Brown et al., 2011) utilizaram um ângulo articular criado através do cálculo da orientação do tórax relativamente ao SCL da pélvis, resultando que a separação pélvis-tórax é dada pela rotação sobre o eixo Z do tórax. No protocolo que propomos, utilizamos o primeiro método, por ir de encontro ao

que foi também utilizado por Healy (2009), cujo trabalho demonstrou a importância do X-factor durante maior parte do ciclo. No entanto, Brown et al. (2013) compararam os três métodos e referem que o terceiro método parece ser o mais apropriado. Os autores reforçam assim a necessidade de uniformização de definição e cálculo do X-Factor como forma de poder comparar resultados.

Relativamente a rotações do tronco, alguns estudos incluíram ainda outras variáveis, não acompanhadas noutros trabalhos. O-Factor e S-Factor foram estudados de forma pontual, e decidimos não abordar dado os autores não nos parecerem esclarecedores relativamente ao que significam.

Uma das características muito analisada no swing é o seu plano (Coleman & Rankin, 2005; Smith et al., 2015). Nenhum dos trabalhos que o avaliam o fez de acordo com os critérios para integração na tabela 5. Apenas Fedorcik et al. (2012) avaliam o ângulo do taco no downswing, mas não no contexto do plano do swing. Coleman e Rankin (2005) avaliam-no, mas não nos permitem extrair conclusões de forma a poder integrar esta variável como determinante do swing. Deixamos no entanto a dúvida se um determinado plano, por pouco planar que o swing possa ou deva ser (Coleman & Rankin, 2005; MacKenzie, 2012; Zhang & Shan, 2013), pode estar associado a um melhor ou pior swing intra-jogador. Uma avaliação que permita obter estes dados, que avalie a influência da variabilidade do plano de swing no resultado do swing poderá decorrer em resultados passíveis de complemento deste protocolo.

Os trabalhos da tabela 5 apresentam-se também distintos no que toca a grupos que se tentaram relacionar com variáveis. Apesar de o HCP não ser a base da distinção dos grupos nalguns trabalhos, optamos ainda assim por extrair a caracterização por HCP, dado que esta se relaciona com os outcomes VCT (Brown et al., 2011) e velocidade da bola, sendo que estes dois outcomes se relacionam positivamente entre si. De certa forma, parece haver algum consenso sobre o HCP associado a grupos de jogadores de melhor ou pior nível, havendo no entanto autores como Meister et al. (2011) que no grupo dos jogadores de menor nível, incluíram jogadores muito diferentes. Convém não esquecer que os jogadores ao serem profissionais, não têm HCP, e não têm necessariamente melhor performance que jogadores amadores. O HCP não tem também em conta a possibilidade de o nível do jogador poder variar nas tacadas de driver ou ferros baixos em comparação com o jogo curto/putting, levando à possibilidade teórica de não ser, só por si, um indicador fiável. Um jogador pode por exemplo ser menos bom no swing, mas muito bom no jogo curto/putting, e eventualmente traduzir-se num baixo HCP.

Tal como Meister et al. (2011), também o trabalho de Mitchell et al. (2003) nos levanta questões relativamente aos grupos. Os autores compararam grupos, aglomerados pela idade, o que, apesar de ter alguma relação com o HCP (média de HCP aumentava consoante a idade dos participantes agrupados), não foi demonstrada correlação entre idade e HCP ou algum outcome, ou que de alguma forma os grupos seriam diferentes de facto diferentes. Desta forma, a extração de evidência científica do trabalho de Mitchell et al. (2003), do modo como o fizemos, pode estar comprometida. Para minimizar este risco, apenas foi retirada evidência de diferença entre os grupos de média de HCP mais alta com a mais baixa, evitando comparações com grupo intermédio.

A definição dos grupos com base em outcomes como a velocidade de bola tem como desvantagem o facto de não contabilizar os possíveis erros relacionados com a trajetória, ou mesmo a distância (uma bola muito rápida, se subir muito, acabará por poder ficar relativamente curta), alterações que parecem poder ser marcadas e condicionantes do jogo (Broadie, 2008). Aliás, Zheng e Shan (2013) referem que a trajetória e o ângulo de saída da bola são muito mais sensíveis a variações do controlo motor do que a velocidade da bola. Healy et al. (2011) levantam também dúvidas acerca da sua própria divisão dos grupos, reconhecendo que esta forma de agrupamento não está livre de limitações, por usarem apenas a velocidade da bola. Assim, os dados obtidos pela implementação do protocolo deverão ser complementados com mais informação, e serem interpretados tendo em conta estes conhecimentos.

Quanto ao método de recolha de dados cinemáticos, é interessante reparar que à exceção de Keogh et al. (2008), que integrou um sistema mais simples de vídeo, todos os autores utilizaram sistemas de câmeras opticoeletrónico. O nosso protocolo integra um sistema com base em IMMUs. Necessariamente, algumas alterações metodológicas estarão implícitas, o que pode implicar numa eventual comparação de resultados (Keogh & Hume, 2012). O facto de a tecnologia que usamos ser mais recente pode justificar que seja ainda comparativamente pouco utilizada.

Dado pretendermos ser transversais aos artigos relativamente ao valor de significância estatística, e dadas as diferenças encontradas entre artigos, consideramos o valor de $p \leq 0.05$. Assim, retiramos variáveis cuja significância de valores esteja nos artigos originais entre $p \leq 0.05$ e $p < 0.01$, nomeadamente no trabalho de Healy (2009) e Myers et al. (2008), e assim considerado mesmo quando os autores desses trabalhos “desvalorizaram” essas variáveis.

A literatura não tem sido consensual em relação aos eventos mais importantes. Chu et al. (2010), com base em “comunicação” com jogadores e treinadores de alto nível, referem que é no downswing que se dão os principais eventos cinemáticos, o que se parece verificar pelas tabelas 7 e 8. Outros eventos foram identificados pontualmente, como o 2/3 do swing (Chu et al., 2010) ou 40mseg antes do swing (Chu et al., 2010; Myers et al., 2008), por vezes com significância estatística nalgumas variáveis, mas que consideramos que eventualmente se poderiam sobrepor respetivamente aos momentos MD ou mesmo BC. Não são também consensuais quanto ao seu estudo, e levanta-nos dúvidas sobre a transposição de eventuais recomendações ao jogador, num momento que é dado pelo timing, e não por fase do swing. Por estes motivos, consideramos não analisar estes eventos para avaliação.

Mesmo o nome dado às diferentes fases não é uniforme. Decidimos adotar os eventos propostos por Best e Ball (2007), por ser o que aborda todo o swing, e com maior número de divisões, e portanto com mais momentos e análise. Healy (2009) e Healy et al. (2011) utilizaram estas divisões, apresentando os trabalhos mais discriminativos quanto a resultados, pelo que consideramos ser uma base sólida para utilizar, adaptando a nomenclatura dos outros estudos, assim como os seus resultados, aos eventos selecionados. Desta forma, tentamos ultrapassar as dificuldades de comparação de resultados entre os diferentes trabalhos. O uso de diferentes momentos de análise pode no entanto dificultar comparação e extrapolação de resultados. Obter consenso na literatura acerca dos eventos importantes no swing, e nomeadamente quanto à sua definição, é para tal necessário.

As diferenças metodológicas entre os vários trabalhos na área do golfe variam ainda relativamente ao taco utilizado. A tabela 5 apresenta que o ferro 5 e o driver são os únicos utilizados, pelo que pensamos que cada um poderá ser um “representante” do grupo de ferros e madeiras, respetivamente. McCloy, Wallace e Otto (2006) e Choi et al. (2014) marcam alguma diferença entre tacos. Salientam a importância da distância com o drive, mas desvalorizam um pouco essa questão com os ferros. No entanto, autores como Healy (2009), Keogh et al. (2007) e Meister et al. (2011) assentam a sua investigação na base da relação entre o uso do ferro 5 e a velocidade de bola.

Enquanto alguns autores defendem swings iguais independentemente dos tacos, outros defendem que devem diferir. Sinclair et al. (2014), referem que enquanto a análise de variáveis discretas sugerem diferenças significantes entre o swing dos ferros 9, 6 e do driver, no que toca a ombros, ancas e joelhos, o exame das curvas cinemáticas dos três tacos mostram uma elevada similaridade entre formas. Joyce et al., (2013) demonstraram diferenças significativas relativamente à cinemática do tronco consoante o taco. Egret et al (2003)

apontam que em termos de timings não houve diferença de swing entre um driver, ferro 5, e um *pitching wedge* (ferro curto mais que o ferro 9). No entanto, as diferenças surgiram de forma significativa, relativamente à cinemática do ombro esquerdo, entre o ferro 5 e o driver. Para o protocolo desenvolvido com este trabalho, decidiu-se no entanto englobar as variáveis independentemente do taco, por considerarmos que a literatura não fundamenta, para todas as variáveis em causa, diferenças no swing consoante o taco. Aliás, os trabalhos cujo estudo envolveu o driver (tabela 5) são limitados na quantidade de articulações estudadas, remetendo-se para o estudo pontual de ombros (Mitchell et al., 2003) e tronco (Myers et al., 2008; Okuda et al., 2010), ou ainda, que não se refere ao backswing (Chu et al., 2010). Reconhecemos no entanto que a junção das variáveis poderá levar a um protocolo eventualmente menos específico ou com excesso de informação, caso de considerasse incompatível a análise de swing consoante o taco. Estas limitações deverão ser compensadas pelo estudo das diferenças entre o swing com madeiras e com ferros, nomeadamente quais as variáveis influenciadoras de cada um, permitindo dessa forma, se se justificar, o aumento da especificidade do protocolo.

Keogh e Hume (2012) reforçam a discrepância nos trabalhos científicos relacionados com golfe. Na tentativa de estabelecerem valor referência para a VCT, as diferenças entre trabalhos, em termos de resultados, são provavelmente resultado de diferentes metodologias, níveis de experiência e performance de jogadores, e de tacos usados.

A análise das variáveis analisadas deve ter em conta a influência entre variáveis. Determinado movimento pode influenciar movimentos adjacentes proximais e/ou distais, e estes os que se lhes seguem. Esta foi também uma opinião expressada pelo jogador aquando do questionário (ver 4.1.3). O que justifica que possa haver várias posições para um mesmo fim. Por exemplo, uma dada posição do taco, em relação à bola, pode ser atingida por variadas posições corporais. De certa forma, justifica que o swing seja adaptado ao campo, em que frequentemente as condições são diferentes de um ambiente fechado. Dado que todos os trabalhos identificados na tabela 5 foram desenvolvidos em laboratório, esta particularidade pode teoricamente influenciar os resultados. Healy et al. (2011) refere que não é fácil identificar que articulação, ou conjunto, é mais responsável por determinada posição, da cabeça do taco por exemplo. Isto leva-nos a pôr a hipótese de que, se os trabalhos se realizassem num campo de golfe, talvez a significância das variáveis se pudesse alterar. Glazier (2011) fala exatamente que num jogo são muitos os fatores identificáveis que podem influenciar o swing, e levar o jogar a adaptá-lo. Dos muitos trabalhos sobre golfe encontrados na literatura, apenas o trabalho de McLaughlin e Best (1994) foi desenvolvido num campo de golfe, literalmente num tee de um buraco.

Knight (2004) e Bradshaw et al. (2009) defendem que os jogadores devem procurar aprender uma variedade de soluções de movimento que os permitam adaptar-se a diferentes fatores, mais do que tentar repetir movimentos com absoluta invariância. Assim, se por um lado pretendemos com o protocolo contribuir para um padrão de movimento consistentemente melhor, não deixamos de pretender que o jogador mantenha a capacidade de adaptação. Um eventual focus sobre um determinado padrão de movimento, sempre nas mesmas condições poderá levar a níveis subótimos de performance (MacPherson et al., 2008). Nomeadamente em ambiente de laboratório, o que nos leva a questionar, tal como aponta Glazier (2011), se a repetição invariável poderá levar a melhores resultados nas condições de treino, mas ao inverso numa situação de jogo no campo. Daí que a execução do protocolo no campo seja incentivado, de modo a promover um swing estável mas flexível. Ainda assim, e apesar da controvérsia, Sinclair et al. (2014) referem que tanto jogadores profissionais como treinadores têm de ter um swing repetível enquanto requisito para um jogo bem-sucedido e consistente.

O protocolo que propomos tem a particularidade de, mais do que tentar aproximar o swing de um jogador com aquilo que é o swing teoricamente ideal e que de resto a literatura científica aponta não existir (Keogh & Hume, 2012; MacKenzie, 2012), ou de tentar condicionar o swing num sentido que consideremos à priori como o desejável tendo em conta algum modelo, tenta sim, aproximar o swing daquele que é a média dos seus melhores swings (do jogador), partindo da base de que, por muito consistente que seja o movimento, as variações, para melhor ou pior (ou menos relevantes se o jogador conseguir compensar de forma eficaz) são inevitáveis (Stergiou & Decker, 2011; Tucker et al. 2013).

Tendo em conta esta ideia, o nosso modo de avaliação do swing, intra-jogador, parece-nos ter ainda outra vantagem. A maioria dos estudos (tabela 5) integra jogadores com baixo HCP como correspondendo e sendo representativo do grupo de melhor nível, e de referência. Os achados destes trabalhos podem no entanto não se repercutir a nível dos jogadores ainda com melhor performance, nomeadamente os profissionais ou os amadores com HCP negativo. Ou seja, indicações de como os jogadores de baixo HCP realizam os seus swings, podem não ter aplicação em quem está num nível de performance superior. A utilização de uma avaliação intra-jogador, com base na sua natural variação de movimento, levará a determinar a margem de progressão, e em que sentido esta deve ser realizada. Além disso, essa mesma variabilidade do swing entre jogadores mesmo de melhor nível, aponta que haverá mais do que um swing ideal (Keogh & Hume, 2012), pelo que o nosso trabalho poderá ultrapassar essa limitação.

Vamos assim de encontro às recomendações de Keogh e Hume (2012), da necessidade de conduzir mais trabalhos que abordem a aprendizagem e performance numa base específica e individual, em vez de efetuar comparações entre grupos de jogadores de diferentes níveis, recordado que os sujeitos diferem nas suas características, e podem ter diferentes padrões ótimos de coordenação, e portanto, necessitando de indicações de treino diferentes e individuais. É nessa base que assenta grande parte do nosso trabalho.

Pretende-se assim que a informação prestada pelos resultados do protocolo sirva como influenciadora do swing, de forma a que este se altere no sentido da melhor performance, mas sem deixar de integrar o conhecimento relativo a outros fatores influenciadores do movimento do swing, e cuja relação com as variáveis em estudo, não foi por nós estabelecida (outras propriedades do swing que influenciam o voo da bola) ou não existe de todo. Essas variáveis podem ser de vários níveis. É interessante associá-las com as referências de Newel (1986), que aponta que os padrões de movimento são um resultado da confluência de propriedades orgânicas (idade, força, flexibilidade, fadiga, ansiedade, intenções), ambientais (condições meteorológicas, temperatura, informação acústica, condições do terreno), e que conjuntamente influenciam o sujeito.

Temos conhecimento de dois trabalhos que de alguma forma se assemelham ao nosso raciocínio. Neal et al. (2007) estudou os timings e sequenciação do movimento do swing num grupo de jogadores novos mas de baixo HCP que se autoavaliaram. Os resultados mostram que as avaliações foram corretas, já que, de forma clara, os swings com melhores classificações resultaram em bolas com melhor trajetória e distância. Apesar de não terem sido avaliadas variáveis cinemáticas nesse trabalho, colocamos a hipótese de os jogadores, ao contribuírem para a sua própria avaliação, comprometerem a avaliação do swing, perante os quais se pretendem análise de dados e conclusões. Trabalhos futuros que abordem a capacidade de autoavaliação, ou a existência de outcomes mais objetivos, ajudarão no sistema de avaliação do swing que propomos. Outro trabalho que integrou esta diferença intra-sujeito, com a comparação de melhores e piores, é de Zhang e Shan (2013), que tentaram determinar como executar bons swings de forma consistente. Para isso, caracterizaram swings bem-sucedidos com swings malsucedidos (com base na trajetória e velocidade da bola), tentando identificar parâmetros com baixa tolerância ao erro, correlacionando uns e outros. Tiveram resultados interessantes, e mais do que falar especificamente de uma componente cinemática do movimento, tentaram estabelecer comparações. Apresentam como resultados, a necessidade de maior enfoque na posição da bola em relação ao corpo, no TA, que o ângulo entre o taco e o plano transversal, no backswing, uma fase de transição no TB mais prolongada no tempo,

controle do punho, e uma compensação rigorosa das diferenças que ocorreriam naturalmente no que toca à posição do taco no BC em relação ao TA.

Enquanto a maioria dos trabalhos que avaliam a influência de variáveis, tem em conta outcomes ou HCP, o protocolo que propomos tem como distinção entre os diferentes swings, a avaliação feita pelos próprios jogadores e treinadores. Se por um lado os treinadores estão habituados e sistematizados nas suas avaliações, os jogadores, principalmente os de menor nível de performance, poderão não estar tão à vontade. Os resultados do questionário realizado a um jogador profissional demonstram que este pode ter alguma dificuldade em ter atenção a todas as variáveis que levantamos. No entanto, parece que jogadores de nível elevado têm noção da qualidade do seu swing, mesmo tendo em conta apenas o som resultante do impacto do taco na bola (Roberts, Jones, Mansfield & Rothberg, 2005). Neal et al. (2007) vão de encontro a esta opinião, acrescentando que, numa autoavaliação pelos jogadores relativamente ao timing dos componentes dos seus swings, é possível que os jogadores (de elevado nível) tenham baseado as suas avaliações com base na sensação que tiveram do swing (*feeling*), o som, e a centralidade do impacto, mais do que se a sequência do movimento do corpo fora boa ou má. Adiantam que esta hipótese parece bastante credível, já que jogadores desse nível são altamente consistentes com os seus movimentos e o critério que apresentam é sobre a sensação relativa ao contacto com a bola.

Outra questão ainda, é que a avaliação do swing que propomos é uma medida menos objetiva comparativamente a outcomes ou HCP. No entanto, vai de acordo ao que é o treino do golfe no dia-a-dia no campo. O sistema tem a vantagem de que, desta forma, é mais facilmente aplicado em diferentes locais, com diferentes condições, e de que não precisa de equipamento extra que torne a avaliação mais objetiva (como um radar para ver o resultado do voo da bola) para ser posto em prática, apesar de poder à partida ser complementado com esses sistemas. Além de um radar, outras variações são possíveis, nomeadamente a inclusão de mais do que um treinador a contribuir para a avaliação do swing, considerando eventualmente uma média aritmética da avaliação do swing para a definição de grupos de swings melhores e piores.

A possibilidade de a avaliação ser feita segundo o critério dos avaliadores, deixando em aberto a utilização de outros recursos, garante uma maior flexibilidade ao protocolo. A aplicação do protocolo no campo de treino (frequentemente chamado de *driving range*) é possível e incentivada, com a vantagem de se poderem definir objetivos mais palpáveis (por exemplo, atingir certa marca de distância, permitindo avaliar não só a distância mas também a trajetória, ou outras características do voo da bola) que contribuam para a avaliação e distinção

entre diferentes swings. Dessa forma, aumentar-se-á a validade ecológica do sistema de avaliação (Keogh & Hume, 2012). Esta possibilidade permitirá também fazer variar a indicação pedida ao jogador em termos de swing. No protocolo base, é pedido ao jogador que efetue tacadas para que o voo de bola seja numa trajetória paralela à linha que une os pés, tratando-se de uma indicação transversal a todos os artigos trabalhados da tabela 5.

Nestas condições, o sistema de avaliação da qualidade dos swings pode ter como referência o que Smith et al. (2015) apontam como sendo um swing bem-sucedido, isto é, com trajetória e distância pretendida pelo jogador. O sistema é ainda moldável relativamente a eventos e variáveis. O protocolo engloba a avaliação de um conjunto de variáveis e evento, mas permissível ao estudo dos acontecimentos de apenas determinado(s) evento(s) ou movimento consoante indicação do treinador e/ou jogador. Esta capacidade parece-nos de salientar, já que torna o sistema muito mais próximo dos utilizadores, evitando a eventual criação de uma grande extensão de dados e possível dificuldade na interpretação dos mesmos.

É também interessante reparar que os treinadores não estão integralmente de acordo com as variáveis identificadas como significantes para o swing. Por exemplo em relação aos joelhos, por nós considerada como relevante, não é motivo de observação pelos treinadores (Smith et al., 2012; Smith et al., 2015). Esta constatação leva-nos a levantar uma hipótese baseada no raciocínio de que, mais do que uma determinada variável levar a alterações do outcome do swing, a variável em si é que pode variar de forma significativa, mas em consequência a outras variáveis que importarão sim controlar. Consideramos por isso importante a participação dos treinadores na complementação do protocolo, como uma mais-valia que poderá contribuir para distinguir quando a variação de determinada variável é causa ou efeito. De notar no entanto que ao perguntar a um treinador sobre as variáveis identificadas, este concorda com a relevância da maioria, especialmente se estivermos a falar de “quantidade” de movimentos (apêndice B). No entanto, neste trabalho inquirimos um treinador sobre variáveis, enquanto nos trabalhos de Smith et al. (2012) e Smith et al. (2015), foi perguntado aos treinadores que elaborassem eles uma lista sobre as variáveis e organização destas. Esta diferença pode levar a diferentes resultados acerca da importância das variáveis, se observadas na generalidade.

No entanto, *grasso modo*, podemos dizer que as variáveis contempladas neste protocolo têm semelhanças com aquelas consideradas pelos treinadores como sendo representativas de um swing bem-sucedido (Smith et al. 2015). Os treinadores dividem a avaliação, num primeiro nível, entre movimento do corpo e movimento do taco. Quanto ao taco, o nosso sistema não o estuda enquanto movimento per si. Os treinadores englobam a avaliação de variáveis que ou

não incluímos voluntariamente e como foi explicado (plano de swing) ou que são compostas por variáveis não contempladas em conjunto com variáveis subjacentes na avaliação (face da cabeça do taco e VCT respectivamente). Contemplam ainda o percurso do taco, que nos parece assim que, enquanto os treinadores avaliam o movimento a jusante (taco, fator externo) de forma a avaliar o movimento corporal, o nosso sistema avalia a cinemática a montante, isto é, na origem (corpo, fator interno).

Quanto ao movimento do tronco, os treinadores dividem-no em rotação do corpo, postura, ação dos braços e punhos, e sequência de movimentos. Se os três primeiros grupos estão mais diretamente sobrepostos a algumas variáveis que utilizamos, já a sequenciação de movimentos (estudada de forma mais incisiva por Cheetham et al., 2008 e Tinmark, Hellström, Halvorsen & Thorstensson, 2010) não foi avaliada pelo nosso protocolo.

Parece-nos assim que a avaliação do swing segundo o protocolo proposto interrelaciona-se com a dos treinadores. As abordagens são diferentes, mas consideramos poder ser vantajoso conciliar as duas fontes de treino: o treinador, e o sistema enquanto objetivador de dados, e assim também uma fonte de feedback, direcionada tanto para treinador como para jogadores.

Quanto aos jogadores, e no que toca a aprendizagem, Poolton, Maxwell, Masters e Raab (2006) referem-se à relação entre focus interno (movimento corporal) e focus externo (taco). Estes autores, assim como Wulf, Lauterbach e Toole (1999) compararam os dois tipos de aprendizagem em jogadores inexperientes, referindo ser mais robusta recorrendo ao focus externo. Mas os primeiros autores avaliaram apenas o movimento de putt, e os segundos o movimento de *pitching* (com o objetivo fazer a bola “rolar”) até um alvo a 15 metros, e portanto muito distinto do swing. Wulf e Su (2007) realizaram duas experiências. Uma, sobreponível a Wulf et al. (1999), e outra, em que participaram jogadores experientes, mas mantiveram o treino de pitching, tal como Bell e Hardy (2009).

No gesto de swing propriamente dito, comparando o efeito no treino do focus interno em relação ao focus externo, Christina e Alpenfels (2014) não encontraram diferenças estatisticamente significativas entre grupos de jogadores experientes na realização de swings tanto com ferro 6 como com o driver, no que toca a VCT, mas sim em relação à distância da bola (maior no focus externo), o que pode significar que tiveram maior influência sobre outros fatores que, além da VCT, influenciam a distância (e relacionados com o trajeto do swing – *swing path*). Poderá assim não ser viável extrapolar dados para o swing, pelo que consideramos que estes dados não inviabilizam a metodologia que usamos. No entanto, parece-nos que o

principal focus que o jogador deve ter na aprendizagem de modo a ter melhor evolução, não está bem explícito na literatura. Carson, Collins e Richards (2015) põem esta questão em evidência, propondo um modelo em que o recurso a focus interno pode, em parte do processo de aprendizagem, ser benéfico em termos de resultados.

Neste contexto, e tendo em conta que o nosso sistema se relaciona mais com o focus interno, dados mais concretos dos diferentes focus sobre o swing propriamente dito, deverão ser trabalhados. Tal ajudará no desenvolvimento de sistemas de avaliação, como o que propomos, mas que sejam, e se assim se verificar como preferível, destinados a aumentar o focus externo do jogador.

O uso de informação que aponta para características específicas do swing, nomeadamente as variáveis utilizadas, levando a um maior focus interno, vai de encontro a Carson et al. (2015), e à estratégia de “deautomatização”. Para um jogador de golfe, cuja repetibilidade do swing é alta, pode ser necessário deautomatizar movimentos automáticos imperfeitos. Ou seja, um gesto muito repetitivo, no qual sejam identificadas incorreções, o desconstruir o movimento, nomeadamente no que toca às variáveis em análise, para efetuar um swing com maior focus nalguma componente, poderá ser bom no “reshaping” do swing. Ainda que a ideia do protocolo é a de usar o set-up, e nomeadamente a rede de treino, para avaliação, a execução do swing contra uma rede deverá ser uma forma óbvia de fazer a deautomação. Na verdade, o afastamento em relação a fatores externos levará a uma maior reflexão e focus interno sobre o gesto.

O trabalho desenvolvido tem como fim último, ser mais uma ferramenta adjuvante no treino do golfe. Apesar de o sistema proposto pretender ser um auxiliar do treinador, que tem uma importante função de analisar o movimento, com o intuito de promover uma mudança na performance, o meio pelo qual os resultados influenciam essa performance é distinta do tradicional modo de atuação dos treinadores. É assumido que os treinadores têm um modelo bem desenvolvido do que será o movimento tecnicamente correto e de boa performance, e contra o qual estabelecem relação com o avaliado (Smith et al., 2015). Comparativamente, o nosso modelo avalia o movimento normal do jogador, assim como as variações de melhor e pior outcomes, e desta forma dá diretamente indicações que pretendem sim, e com a ajuda da interpretação do treinador, efetuar alterações na performance.

Uma das mais tradicionais ferramentas foi abordada por Guadagnoli, Holcomb e Davis (2002), que estudaram o uso de vídeo como auxiliar do treinador numa sessão de treino de golfe. Entre uma sessão com treinador e feedback por vídeo, treinador e feedback verbal, e

treino sem treinador, demonstraram que a longo prazo, o grupo que teve melhores resultados foi o primeiro. Os autores referem que ter o conhecimento por vídeo dos resultados traduz-se em melhor aprendizagem, o que nos leva a propor que o facto de o sistema permitir uma maior recolha de informação útil, pode levar a ainda maiores incrementos na aprendizagem. Ainda que a origem dos resultados sejam diferentes, estas indicações levam-nos a reforçar a importância dos sistemas complementares ao treino, nos quais inserimos o nosso trabalho. De acordo com esta ideia estão Liebermann et al. (2002), ao considerarem importante a complementaridade do treino com as novas tecnologias e a informação que estas produzem.

Uma sugestão global em termos futuros segue as recomendações da ISB (Wu et al., 2002; Wu et al., 2005) assim como de Neal (2008). Este último autor salienta que todos os participantes e consumidores das tecnologias de captura de movimento podem trabalhar no sentido de criar standards no que toca a língua, algoritmos e definições de modo a tornar um pouco mais fácil a compreensão relativa à biomecânica do golfe.

Consideramos a aplicação deste protocolo como sendo de grande abrangência. A maioria dos trabalhos, como os da tabela 5, considera critérios de inclusão e exclusão mais restritos, nomeadamente no que toca à limitação da participação de artigos com lesão. Para o nosso trabalho, consideramos que ainda que possam existir lesões, a partir do momento que o jogador está apto a treinar golfe, então não deve estar limitado a participar numa avaliação segundo o protocolo que propomos. Limitamos apenas a participação quando o movimento normal estiver de alguma forma comprometido. Consideramos que desde que haja condições para um padrão motor estável, é possível aplicar o protocolo.

O protocolo poderá ser limitativo no que toca à frequência dos swings. Apesar de não impormos ativamente nenhuma restrição a esta componente do treino, é proposto que a avaliação de cada swing pelos participantes seja dada logo a seguir a ser executado, podendo levar a uma quebra de ritmo. Ainda que num jogo real, no campo, haja naturalmente algum tempo entre cada tacada, a frequência habitual de tacadas no campo de treino é normalmente maior.

Relativamente à computação dos dados cinemáticos, há algumas notas a merecerem relevo. A análise do movimento do ombro, enquanto complexo articular, levanta algumas dúvidas. Para a articulação do ombro, não existe uma definição única de ângulo articular que tenha significado anatómico, para a amplitude total de movimento (Hamil et al., 2014).

O sistema Xsens que o protocolo utiliza para recolher dados depende da utilização de sensores sobre segmentos corporais, unidos por cabos. Magalhães (2014) considera que este

sistema pode limitar o normal movimento. Consideramos no entanto que a integração no protocolo de um período de aquecimento e habituação ao set up por parte do jogador com consequente adaptação da posição dos cabos, leva a ultrapassar esta eventual limitação do sistema.

Dada a baixa taxa de variabilidade expectável nalguns jogadores, levantamos a questão de saber se um sistema relativamente recente, com menor grau de precisão relativamente aos sistemas optoelectrónicos de captura de movimento, é capaz de captar variações pequenas no movimento. Nomeadamente, surge a questão se o grau de erro do sistema não poderá ser semelhante ou superior à variação do próprio jogador, limitando a sensibilidade do sistema. Não temos conhecimento de nenhum trabalho que tenha realizado avaliações intra-jogador utilizando o Xsens ou sistemas similares, do modo como o pretendemos fazer. No entanto, Lai et al. (2011) compararam diferenças entre jogadores de diferentes níveis utilizando o Xsens e o sistema permitiu identificar diferenças. Carson et al. (2015) utilizaram de facto o Xsens para verificar diferenças intra-jogador, mas comparando swings realizados sobre diferentes condições. A utilização de um sistema similar que teste variações intra-jogador será assim uma área a explorar. Carson et al. (2015) salientam que enquanto a maioria dos trabalhos empregaram sistemas de câmeras optoelectrónicos, estes têm dificuldades na implementação em condições externas a um laboratório, o que justificou, tal como neste protocolo, a utilização de um sistema de tecnologia com sensores inerciais. Estudos futuros deverão procurar validar estes sistemas (por exemplo o Xsens) em relação aos sistemas habitualmente utilizados enquanto referências.

Algumas estratégias são usadas, enquanto utilizadores, ora como prevenção, na recolha, ora a posteriori no tratamento de dados como modo de minimizar eventuais erros na recolha de dados. Uma fonte comum de erros são os ATM, relacionados com o movimento dos sensores independente da pele. Ou seja, é possível haver divergências entre o movimento que ocorre num sensor, e o movimento do segmento corporal (Roetenberg et al., 2013). No set up, decidimos seguir as recomendações de Dejnabadi, Jolles e Aminian (2005), utilizando tiras de velcro para fixar os sensores aos segmentos corporais, ao invés de outras opções como o fato de licra, de modo a ter um menor grau de erro no cálculo dos movimentos. Os autores apresentam ainda outra estratégia: para uma correta interpretação dos dados, minimizando o efeito dos artefactos dos tecidos moldes os dados deverão ser filtrados. Utilizámos um filtro low-pass Butterworth, que é usado de forma transversal nos estudos sobre o movimento no golfe. É interessante reparar que apesar desta dispersão, o nível de cut-off do filtro, mesmo em estudos de análise do swing do golfe, é muito variável. Considerámos o valor de 12Hz, por

ser um valor médio e de acordo com a maioria dos intervalos de valores possíveis avançados pelos diferentes trabalhos.

Para a diminuição de divergências no movimento real e o movimento obtido pelos sensores, deve ainda ser realizada uma calibração (Roentenberg et al., 2013). Este passo é proposto seguindo as recomendações da Xsens, através do protocolo para avaliação do movimento já existente no LMH.

O valor da informação resultante dos sistemas de captura de movimento, dentro dos quais se inclui o que apresentamos neste trabalho, prende-se com a capacidade do investigador interpretar a informação e colocá-la de forma a que os utilizadores (treinadores e jogadores) a percebam. Neal (2008) considera que esse é um dos maiores desafios. Outro ponto importante relaciona-se com a melhor forma de usar a informação, sendo este um aspeto crítico do uso continuado, e sucesso, das tecnologias de captura de movimento no mundo comercial. A incapacidade de comunicar resultados, capazes de serem colocados em prática, tornaria a captura de movimento mais diversão que ciência.

Pretende-se assim um sistema que consiga mais do que oferecer dados em bruto, consiga sim, obter informação acessível e interpretável ao utilizador final. A componente prática que se quer deste sistema, dá lugar ao uso de gráficos, com os quais se pretende que seja uma forma visualmente apelativa e fácil de interpretar aos jogadores e treinadores.

6. CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo ser um contributo para o desenvolvimento de um protocolo de análise cinemática a aplicar no LMH, no contexto da análise e otimização do swing do golfe.

Foi realizado um levantamento das variáveis cinemáticas do swing que na literatura se apresentam como sendo estatisticamente significantes no que toca à diferenciação entre grupos de diferentes níveis. O protocolo prevê a avaliação destas variáveis a um nível intra-jogador. Pretende-se que, com o conhecimento dessas variáveis e com base na variabilidade do swing do jogador, se consigam efetuar refinamentos do gesto técnico, no sentido de tornar mais consistente o nível de jogo elevado de cada participante.

As variáveis dividem-se em amplitudes e em velocidades angulares, e é proposto que sejam avaliadas ao longo de um conjunto de eventos do swing.

Várias considerações sobre o protocolo foram levantadas, assim como propostas de trajetória de investigação futura, no sentido de viabilizar este protocolo, ou por outro lado levantar questões sobre a sua validade.

Nomeadamente quanto às definições de diferentes movimentos, um consenso da comunidade científica em conjunto com os treinadores e jogadores, ajudará no seu estudo científico. Nomeadamente em relação ao punho e X-factor, sendo que este último tem sido estudado de formas diferentes, e cuja uniformização é também necessária. Outra variável que não foi incluída mas que tem margem para estudo e relação com o resultado, é o plano de swing.

Os próprios eventos são estudados de forma diferentes, sendo que alguns autores identificam alguns momentos de forma pouco uniformizada. A determinação de que eventos são importantes poderá facilitar a direcionar a investigação e análise do swing de cada jogador.

Este trabalho integra autoavaliação. O estudo desta capacidade poderá também determinar a fiabilidade deste protocolo.

Utilizamos neste trabalho um sistema inercial e magnético. Trata-se de uma tecnologia que apesar de já ter alguns anos de desenvolvimento, ainda está pouco presente no golfe. Este trabalho pode ser um motor para esse mesmo desenvolvimento, sendo que trabalhos que avaliem a sua capacidade de análise do swing, por comparação a outros sistemas, providenciarão informação útil.

Por fim, a análise do movimento do swing, integrado nas capacidades do LMH, não se encerra aqui. Enquanto contributo para tal, este trabalho, deve também ser uma fonte de novas dúvidas que permitam tornar o sistema cada vez mais fiável e de acordo com o avanço da ciência, tornando cada vez maior e melhor a capacidade do LMH de responder a desafios como o ter funções práticas e objetivas na área do golfe.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ball, K. A. & Best, R. J. (2007). Different centre of pressure patterns within the golf stroke I: Cluster analysis. *Journal of Sports Sciences*, 25(7), 757-770, doi: 10.1080/02640410600874971
- Ball, K. A. & Best, R. (2011): Golf styles and centre of pressure patterns when using different golf clubs. *Journal of Sports Sciences*, 29(6), 587-590. doi: <http://dx.doi.org/10.1080/02640414.2010.543910>
- Ball, K. & Best, R. (2012). Centre of pressure patterns in the golf swing: individual-based analysis, *Sports Biomechanics*, 11(2), 175-189. doi:10.1080/14763141.2012.673007
- Balmer, N., Pleasence, P. & Nevill, A. (2012). Evolution and revolution: Gauging the impact of technological and technical innovation on Olympic performance. *Journal of Sports Sciences*, 30(11), 1075–1083. doi: <http://dx.doi.org/10.1080/02640414.2011.587018>
- Bell, J. J. & Hardy, J. (2009) Effects of Attentional Focus on Skilled Performance in Golf. *Journal of Applied Sport Psychology*, 21(2), 163-177. doi: 10.1080/10413200902795323
- Bergamini, E., Ligorio, G., Summa, A., Vannozzi, G., Cappozzo, A. & Sabatini, A. M. (2014). Estimating Orientation Using Magnetic and Inertial Sensors and Different Sensor Fusion Approaches: Accuracy Assessment in Manual and Locomotion Tasks. *Sensors*, 14, 18625-18649; doi:10.3390/s141018625
- Betzler, N. F., Monk, S. A., Wallace, E. S. & Otto, S. R. (2012): Variability in clubhead presentation characteristics and ball impact location for golfers' drives. *Journal of Sports Sciences*, 30(5), 439-448. doi: <http://dx.doi.org/10.1080/02640414.2011.653981>
- Bradshaw, E. J., Keogh, J. W. L., Hume, P. A., Maulder, P. S., Nortje, J. & Marnewick, M. (2009). The Effect of Biological Movement Variability on the Performance of the Golf Swing in High- and Low-Handicapped Players. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 80(2), 185-196. doi: <http://dx.doi.org/10.1080/02701367.2009.10599552>
- Broadie, M. (2008). Assessing Golfer Performance Using Golfmetrics. *Science and Golf V: Proceedings of the 2008 World Scientific Congress of Golf*, eds: D. Crews and R. Lutz, Energy in Motion Inc., Mesa, Arizona, 253-262. eds: D. Crews and R. Lutz, Energy in Motion Inc., Mesa, Arizona, 253-262.
- Brown, S. J., Nevill, A. M., Monk, S. A., Otto, S. R., Selbie, W. S. & Wallace, E. S. (2011). Determination of the swing technique characteristics and performance outcome relationship

in golf driving for low handicap female golfers. *Journal of Sports Sciences*, 29(14), 1483-1491. doi: <http://dx.doi.org/10.1080/02640414.2011.605161>

- Brown, S. J., Selbie, W. S. & Wallace, E. S. (2013). The X-Factor: An evaluation of common methods used to analyse major inter-segment kinematics during the golf swing. *Journal of Sports Sciences*, 31(11), 1156-1163. doi: 10.1080/02640414.2013.775474
- Burden, A. M., Grimshaw, P. N. & Wallace, E. S. (1998). Hip and shoulder rotations during the golf swing of sub-10 handicap players. *Journal of Sports Sciences*, 16(2), 165-176. doi: <http://dx.doi.org/10.1080/026404198366876>
- Carson, H. J., Collins, D. & MacNamara, A. (2013). Systems for Technical Refinement in Experienced Performers: The Case From Expert-Level Golf. *International Journal of Golf Science*, 2, 65-85.
- Carson, H. J., Collins, D. & Richards, J. (2014a). Intra-individual movement variability during skill transitions: A useful marker?. *European Journal of Sport Science*, 14(4), 327-336. doi: 10.1080/17461391.2013.814714
- Carson, H. J., Collins, D. & Richards, J. (2014b). “To Hit, or Not to Hit?” Examining the Similarity Between Practice and Real Swings in Golf. *International Journal of Golf Science*, 2, 103-118. doi: <http://dx.doi.org/10.1123/ijgs.2014-0003>
- Carson, H. J., Collins, D. & Richards, J. (2015). Initiating technical refinements in high-level golfers: Evidence for contradictory procedures, *European Journal of Sport Science*. doi: 10.1080/17461391.2015.1092586
- Cereatti, A., Croce, D. & Cappozzo, A. (2006). Reconstruction of skeletal movement using skin markers: comparative assessment of bone pose estimators. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 3(7). doi: 10.1186/1743-0003-3-7
- Challis, J. H. (2008). Data processing and error estimation. In Payton, C. J. & Bartlett, R. M. (Eds.). *Biomechanical evaluation of movement in sport and exercise* (pp 129-152). Abingdon: Routledge.
- Cheetham, P. J., Rose, G. A., Hinrichs, R. N. (2008). Comparison of Kinematic Sequence Parameters between Amateur and Professional Golfers. In: Crews, D. & Lutz, R. (eds). *Science and golf V. Proceedings of the 2008 World Scientific Congress of Golf*, Phoenix; 30-36.
- Cheetham, P. J., Martin, P. E., & Mottram, R. E. (2000). The importance of stretching the

X Factor in the golf downswing. Paper presented at the International Congress on Sport Science, Sports Medicine and Physical Education., Brisbane, QLD, 7–12 September.

- Chiari, L., Croce, U. D., Leardini, A. & Cappozzo, A. (2005). Human movement analysis using stereophotogrammetry. Part 2: instrumental errors. *Gait Posture*, 21(2), 197-211.
- Choi, A., Joo, S., Oh, E. & Mun, J. H. (2014). Kinematic evaluation of movement smoothness in golf: relationship between the normalized jerk cost of body joints and the clubhead. *BioMedical Engineering OnLine*, 13(20).
- Christina, B. & Alpenfels, E. (2014). Influence of Attentional Focus on Learning a Swing Path Change. *International Journal of Golf Science*, 3, 35-49. doi: <http://dx.doi.org/10.1123/ijgs.2014-0001>
- Chu, Y., Sell, T. C. & Lephart, S. M. (2010). The relationship between biomechanical variables and driving performance during the golf swing. *Journal of Sports Sciences*, 28(11), 1251-1259. doi: <http://dx.doi.org/10.1080/02640414.2010.507249>
- Cloete, T. & Cornie, S. (2008). Benchmarking of a full-body inertial motion capture system for clinical gait analysis. 30th Annual International IEEE EMBS Conference Vancouver, British Columbia, Canada, August 20-24.
- Cockcroft, S. J. (2010). An evaluation of inertial motion capture technology for use in the analysis and optimization of road cycling kinematics. Thesis presented in partial fulfilment of the requirements for the degree Master of Science in Engineering, University of Stellenbosch
- Coleman, S. G. S. & Rankin, A. J. (2005). A three-dimensional examination of the planar nature of the golf swing. *Journal of Sports Sciences*, 23(3), 227-234. doi: <http://dx.doi.org/10.1080/02640410410001730179>
- Commission for Motion Laboratory Accreditation, Inc. *Mission*. Retirado em 17 de dezembro de 2015, de <http://www.cmlainc.org/>
- Croce, U. D., Leardini, A., Chiari, L. & Cappozzo, A. (2005). Human movement analysis using stereophotogrammetry Part 4: assessment of anatomical landmark misplacement and its effects on joint kinematics. *Gait and Posture*, 21, 226–237
- Cutler, S. K. & Stein, F. (2000). *Clinical research in occupational therapy* (4^a ed.). Delmar: Singular Thompson Learning.
- Cutti, A. G., Giovanardi, A., Rocchi, L., Davalli, A. & Sacchetti, E. (2008). Ambulatory

measurement of shoulder and elbow kinematics through inertial and magnetic sensors. *Med Biol Eng Comput*, 46,169–178. doi: 10.1007/s11517-007-0296-5

- Cutti, A. G., Ferrari, A., Garofalo, P., Raggi, M., Cappello, A., & Ferrari, A. (2010). ‘Outwalk’: a protocol for clinical gait analysis based on inertial and magnetic sensors. *Med Biol Eng Comput*, 48, 17–25
- Dejnabadi, H., Jolles, B. M. & Aminian, K. (2005). A New Approach to Accurate Measurement of Uniaxial Joint Angles Based on a Combination of Accelerometers and Gyroscopes. *IEEE Transactions on biomedical engineering*, 52(8), 1478-1484.
- Dellaserra, C.L., Gao, Y. & Ransdell, L. B (2014). Use of integrated technology in team sports: a review of opportunities, challenges, and future directions for athletes. *J Strength Cond Res*, 28(2), 556-73.
- Egret, C. I., Vincent, O., Weber, J., Dujardin, F. H. & Chollet, D. (2003). Analysis of 3D kinematics concerning three different clubs in golf swing. *Int J Sports Med*, 24(6), 465-70.
- Farrally, M.R., Cochran, A. J., Crews, D. J. et al. (2003). Golf science research at the beginning of the twenty-first century. *Journal of Sports Sciences*, 21(9), 753-765. doi: <http://dx.doi.org/10.1080/0264041031000102123>
- Fedorcik, G. G., Queen, R. M., Abbey, A. N., Moorman, C. T. & Ruch, D. S. (2012). Differences in wrist mechanics during the golf swing based on golf handicap. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 15, 250–254.
- Ferrari, A., Cutti, A. G., Garofalo, P., et al. (2010). First in vivo assessment of “Outwalk”: a novel protocol for clinical gait analysis based on inertial and magnetic sensors. *Med Biol Eng Comput*, 48, 1–15
- Fletcher, I. M. & Hartwell, M. (2004). Effect of an 8-week combined weights and plyometrics training program on golf drive performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(1), 59–62
- Fradkin, A. J., Sherman, C. A. & Finch, C. F. (2004). How well does club head speed correlate with golf handicaps?. *J Sci Med Sport*, 7(4), 465-472.
- Gait & Clinical Movement Analysis Society. *Standards Council*. Retirado em 17 de dezembro de 2015, de <http://www.gcmas.org/standards>
- Glazier, P. (2011). Movement Variability in the Golf Swing: Theoretical, Methodological,

and Practical Issues. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 82(2),157–161.

- Grood, E. S. & Suntay, W. J. (1983). A joint coordinate system for the clinical description of three-dimensional motions: application to the knee. *J Biomech Eng.*, 105(2), 136-44.
- Guadagnoli, M., Holcomb, W. & Davis, M. (2002). The efficacy of video feedback for learning the golf swing. *Journal of Sports Sciences*, 20(8), 615-622. doi: <http://dx.doi.org/10.1080/026404102320183176>
- Ha, T., Saber-Sheikh, K., Moore, A. P. & Jones, M. P. (2013). Measurement of lumbar spine range of movement and coupled motion using inertial sensors - A protocol validity study. *Manual Therapy*, 18, 87-91.
- Hamil, J. & Selbie, W. (2014). Three-dimensional kinematics. In Robertson, D., Caldwell, G., Hamill, J., Kamen, G. & Whittlesey, S. (Eds.). *Research Methods in Biomechanics*, (2^a Ed., pp 35-59). USA: Human Kinetics
- Healy, A. (2009). Identification of the biomechanical performance determining factors of the 5 iron golf swing when hitting for maximum distance. A thesis submitted for the award of Masters by Research in Biomechanics. School of Health and Human Performance, Dublin City University
- Healy, A., Moran, K. A., Dickson, J. et al. (2011). Analysis of the 5 iron golf swing when hitting for maximum distance. *Journal of Sports Sciences*, 29(10), 1079-1088. doi: <http://dx.doi.org/10.1080/02640414.2011.576693>
- Hellström, J. (2009). Competitive Elite Golf - A Review of the Relationships between Playing Results, Technique and Physique. *Sports Med*, 39(9), 723-741. doi: 10.2165/11315200-000000000-00000
- Horan, S. A., Evans, K. & Kavanagh, J. J. (2011). Movement variability in the golf swing of male and female skilled golfers. *Med Sci Sports Exerc.*, 43(8), 1474-83. doi: 10.1249/MSS.0b013e318210fe03.
- Horan, S. A., Evans, K., Morris, N. R. & Kavanagh, J. J. (2010). Thorax and pelvis kinematics during the downswing of male and female skilled golfers. *J Biomech*, 43(8), 1456-62. doi: 10.1016/j.jbiomech.2010.02.005.
- Huang, V. S., Shadmehr, R. & Diedrichsen, J. (2008). Active Learning: Learning a Motor Skill Without a Coach. *J Neurophysiol*, 100, 879–887. doi:10.1152/jn.01095.2007

- Hume, P. A., Keogh, J. & Reid, D. (2005). The role of biomechanics in maximising distance and accuracy of golf shots. *Sports Med*, 35(5), 429-49.
- Hyndman, R. J. & Koehler, A. B. (2006). Another look at measures of forecast accuracy. *International Journal of Forecasting* 22, 679– 688
- Joyce, C., Burnett, A., Cochrane, J. & Ball, K. (2013). Three-dimensional trunk kinematics in golf: between-club differences and relationships to clubhead speed. *Sports Biomechanics*, 12(2), 108-120. doi: 10.1080/14763141.2012.728244
- Joyce, C., Burnett, A., & Ball, K (2010). Methodological considerations for the 3D measurement of the X-factor and lower trunk movement in golf. *Sports Biomechanics*, 9(3), 206-221. doi: <http://dx.doi.org/10.1080/14763141.2010.516446>
- Kenny, I. C., Wallace, E. S. & Otto, S. R. (2008). Influence of shaft length on golf driving Performance. *Sports Biomechanics*, 7(3), 322-332. doi: <http://dx.doi.org/10.1080/14763140802233249>
- Keogh, J. W. L. & Hume, P. A. (2012). Evidence for biomechanics and motor learning research improving golf performance. *Sports Biomechanics*, 11(2), 288-309. doi: <http://dx.doi.org/10.1080/14763141.2012.671354>
- Keogh, J. W. L., Bradshaw, E., Hume, P., Maulder, P., Marnewick, M. & Nortje, J. (2007). Biological movement variability during the golf swing. *XXV ISBS Symposium 2007, Ouro Preto – Brazil*
- King, K., Yoon, S. W., Perkins, N. C. & Najafi, K. (2008). Wireless MEMS inertial sensor system for golf swing dynamics. *Sensors and Actuators A: Physical* 141,(2), 619–630. doi: 10.1016/j.sna.2007.08.028
- Knight, C. A. (2004) Neuromotor Issues in the Learning and Control of Golf Skill. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 75(1), 9-15. doi: 10.1080/02701367.2004.10609128
- Kontaxis, A., Cutti, A. G., Johnson, G. R. & Veeger, H.E.J. (2009). A framework for the definition of standardized protocols for measuring upper-extremity kinematics. *Clinical Biomechanics*, 24, 246–253
- Kwon, Y. (1998). *Orientation angles*. Retirado em 27 de novembro de 2015, de http://www.kwon3d.com/theory/euler/euler_angles.html
- Kwon, Y., Han, K. H., Como, C., Lee, S. & Kunal, S. (2013). Validity of the X-factor

computation methods and relationship between the X-factor parameters and clubhead velocity in skilled golfers. *Sports Biomechanics*, 12(3), 231-246, doi: 10.1080/14763141.2013.771896

- Lai, D. T. H., Hetchl, M., Wei, X., Ball, K. & Mclaughlin, P. (2011). On the difference in swing arm kinematics between low handicap golfers and non-golfers using wireless inertial sensors. *Procedia Engineering*, 13, 219–225
- Langdown, B. E., Bridge, M. & Li, F. (2012). Movement variability in the golf swing. *Sports Biomechanics*, 11(2), 273–287. doi: <http://dx.doi.org/10.1080/14763141.2011.650187>
- Leardini, A., Chiari, L., Croce U. D., & Cappozzo, A. (2005). Human movement analysis using stereophotogrammetry. Part 3. Soft tissue artifact assessment and compensation. *Gait Posture*, 21(2), 212-25.
- Leva, P. (1996). Adjustments to Zatsiorsky-Seluyanov's segment inertia parameters. *Journal of Biomechanics*, 29(9), 1223–30
- Liberati, A., Altman, D. G., Tetzlaff, J. et al. (2009). The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate healthcare interventions: explanation and elaboration. *BMJ*, 339. doi: <http://dx.doi.org/10.1136/bmj.b2700>
- Liebermann, D. G., Katz, L., Hughes, M. D., Bartlett, R. M., McClements, J. & Franks, I. M. (2002): Advances in the application of information technology to sport performance. *Journal of Sports Sciences*, 20(10), 755-769. doi: <http://dx.doi.org/10.1080/026404102320675611>
- Lindsay, D. M., Horton, J. F. & Paley, R. D. (2002). Trunk Motion of Male Professional Golfers Using Two Different Golf Clubs. *Journal of applied biomechanics*, 18, 366-373.
- Lindsay, D. M., Mantrop, S. & Vandervoort, A. A. (2008). A Review of Biomechanical Differences Between Golfers of Varied Skill Levels. *Annual Review of Golf Coaching*, 187-197.
- MacKenzie, S. J. (2012). Club position relative to the golfer's swing plane meaningfully affects swing dynamics. *Sports Biomechanics*, 11(2), 149-164. doi: <http://dx.doi.org/10.1080/14763141.2011.638388>
- MacPherson, A., Collins, D. & Morriss, C. (2008). Is What You Think What You Get? Optimizing Mental Focus for Technical Performance. *The Sport Psychologist*, 22, 288-303
- Magalhães, F. A. (2014). Three-dimensional joint kinematics of swimming using body-worn inertial and magnetic sensors. Dissertação para obtenção do grau de doutoramento em

Bioengenharia. Università di Bologna.

- Magarreiro, J. (2015). Protocolo de recolha e processamento de dados 3D cinemáticos e cinéticos da marcha em regime laboratorial e ambulatorio. Dissertação de Mestrado em Engenharia Biomédica – Desporto e Reabilitação. Setúbal: Instituto Politécnico de Setúbal.
- Matias, R. & Gamboa, H. (2005). Avaliação do movimento e função humana: Análise cinemática tridimensional e electromiografia. *EssFisiOnline*, 1 (3), 38-51.
- Mayagoitia, R. E., Nene, A. V. & Veltink, P. H. (2002). Accelerometer and rate gyroscope measurement of kinematics: an inexpensive alternative to optical motion analysis systems. *Journal of Biomechanics*, 35, 537–542
- McCloy, A. J., Wallace, E. S. & Otto, S. R. (2006). Iron golf club striking characteristics for male elite golfers. *The Engineering of Sport*, 6(3), 353-358.
- McHardy, A. Pollard, H. & Bayley, G. (2006). A comparison of the modern and classic golf swing: a clinician's perspective. *South African Journal of Sports Medicine*, 18(3), 80-92.
- McLaughlin, P. A. & Best, R. J. (1994). Three-dimensional kinematic analysis of the golf swing. In: Cochran AJ, Farrally MR, editors. Science and golf II. Proceedings of the 1994 World Scientific Congress of Golf; 1994 Jul 4-8; St Andrews. London: E & FN Spon, 1994: 91-6.
- Meister, D. W., Ladd, A. L., Butler et al. (2011). Rotational Biomechanics of the Elite Golf Swing: Benchmarks for Amateurs. *Journal of Applied Biomechanics*, 27, 242-251
- Mitchell, K., Banks, S., Morgan, D. & Sugaya, H. (2003). Shoulder Motions During the Golf Swing in Male Amateur Golfers. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*, 33(4), 196-203
- Mun, F, Suh, S. W., Park, H. & Choi, A. (2015). Kinematic relationship between rotation of lumbar spine and hip joints during golf swing in professional golfers. *Biomed Eng Online*, 14(41). doi: 10.1186/s12938-015-0041-5
- Myers, J., Lephart, S., Tsai, Y., Sell, T., Smoliga, J. & Jolly, J. (2008). The role of upper torso and pelvis rotation in driving performance during the golf swing. *Journal of Sports Sciences*, 26(2), 181-188. doi: <http://dx.doi.org/10.1080/02640410701373543>
- Neal, R. (2008). Motion Capture in Golf: A Commentary. *Annual review of golf coaching*, 183-185.
- Neal, R., Lumsden, R., Holland, M. & Mason, B. (2007). Body Segment Sequencing and

Timing in Golf. *Annual review of golf coaching*, 25-36.

- Newel, K. M. (1986). Constraints on the development of coordination. In Wade, M. G. & Whiting, H. T. A. *Motor development in children: aspects of coordination and control*. 341-360. Dordrecht: Springer Netherlands.
- Okuda, I., Gribble, P. & Armstrong, C. (2010). Trunk rotation and weight transfer patterns between skilled and low skilled golfers. *Journal of Sports Science and Medicine*, 9, 127-133
- Parel, I., Cutti, A. G., Kraszewski, A., Verni, G., Hillstrom, H. & Kontaxis, A. (2014). Intra-protocol repeatability and inter-protocol agreement for the analysis of scapulo-humeral coordination. *Med Biol Eng Comput* 52(3), 271-82. doi: 10.1007/s11517-013-1121-y.
- Payton, C. G. (2008). Motion analysis using video. In Payton, C. J. & Bartlett, R. M. (Eds.). *Biomechanical evaluation of movement in sport and exercise* (pp 08-32). Abingdon: Routledge.
- Penner, A. R. (2003). The physics of golf. *Rep. Prog. Phys.* 66, 131–171.
- Poolton, J. M., Maxwell, J. P., Masters, R. S. W. & Raab, M. (2006). Benefits of an external focus of attention: Common coding or conscious processing?. *Journal of Sports Sciences*, 24(1), 89 – 99. doi: 10.1080/02640410500130854
- Richards, J. & Thewlis, D. (2008). Anatomical Models and Marker Sets. In Richards, J. (ed). *Biomechanics in clinic and research* (pp 117-128). Philadelphia: Churchill Livingstone
- Roberts, J. R., Jones, R., Mansfield, N. J. & Rothberg, S. J. (2005). Evaluation of impact sound on the ‘feel’ of a golf shot. *Journal of Sound and Vibration*, 287, 651–666
- Robertson, D. G. E., & Caldwell, G. E. (2014). Planar kinematics. In Robertson, D., Caldwell, G., Hamill, J., Kamen, G. & Whittlesey, S. (Eds.). *Research Methods in Biomechanics*, (2^a Ed., pp 09-34). USA: Human Kinetics
- Robinson, R. L. (1994). A study of the correlation between swing characteristics and club head velocity. In: Cochran, A. J., Farrally, M. R. (eds). *Science and golf II. Proceedings of the 1994 World Scientific Congress of Golf*, 1994 Jul 4-8; St. Andrews. London: E & FN Spon, 84-90.
- Roetenberg, D., Luinge, H. & Slycke, P. (2013). Xsens MVN: Full 6DOF Human Motion Tracking Using Miniature Inertial Sensors. *Xsens Technologies*.
- Saber-Sheikh, K., Bryant, E. C., Glazzard, C., Hamel, A. & Lee, R. Y. W. (2010). Feasibility

of using inertial sensors to assess human movement. *Manual Therapy*, 15, 122–125

- Sim, M. & Kim, J. (2010). Differences between experts and novices in kinematics and accuracy of golf putting. *Human Movement Science*, 29, 932–946
- Sinclair, J., Currigan, G., Fewtrell, D. J. & Taylor, P. J. (2014). Three-Dimensional Kinematics observed Between Different Clubs during the Full Golf Swing. *J Athl Enhancement* 3(3). doi: 10.4172/2324-9080.1000147
- Smidt, G. L. (1984). Biomechanics and Physical Therapy: A Perspective. *Physical Therapy*, 64, 1807-1808.
- Smith, A., Roberts, J., Wallace, E. & Forrester. (2012). Professional golf coaches' perceptions of the key technical parameters in the golf swing. *Procedia Engineering*, 34 , 224 – 229.
- Smith, A., Roberts, J., Wallace, E., Kong, P. W. & Forrester, S. (2015). Golf Coaches' Perceptions of Key Technical Swing Parameters Compared to Biomechanical Literature. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 10(4), 740-755.
- Stergiou, N. & Decker, L. M. (2011). Human movement variability, nonlinear dynamics, and pathology: Is there a connection?. *Human Movement Science*, 30, 869–888
- Stergiou, N., Harbourne, R. T. & Cavanaugh, J. T. (2006). *Journal of Neurologic Physical Therapy*, 30(3), 120-129.
- Summers, J. J. & Anson, J. G. (2009). Current status of the motor program: Revisited. *Human Movement Science*, 28, 566–577
- Sweeney, M., Mills, P., Alderson, J. & Elliott, J. (2011). The importance of wrist flexion and x-factor in the golf swing: a forward kinematic approach. *Portuguese Journal of Sport Sciences*, 11, 945-948.
- Tinmark, F., Hellström, J., Halvorsen, K. & Thorstensson, A. (2010). Elite golfers' kinematic sequence in full-swing and partial-swing shots. *Sports Biomechanics*, 9(4), 236-244. <http://dx.doi.org/10.1080/14763141.2010.535842>
- Tucker, C. B., Anderson, R. & Kenny, I. C. (2013). Is outcome related to movement variability in golf?. *Sports Biomechanics*. doi: 10.1080/14763141.2013.784350
- Turismo de Portugal, I.P. (2006). Golfe – Produto Estratégico para o Desenvolvimento Turístico em Portugal. Lisboa.

- Van den Noort, J. C., Wiertsema, S. H., Hekman, K. M. C., Schönhuth, C. P., Dekker, J. & Harlaar, J. (2014). Reliability and precision of 3D wireless measurement of scapular Kinematics. *Med Biol Eng Comput*, 52, 921–931. doi: 10.1007/s11517-014-1186-2
- de Vries, W. H. K., Veeger, H. E. J., Cutti, A. G., Baten, C. & van der Helm, F. C. T. (2010). Functionally interpretable local coordinate systems for the upper extremity using inertial & magnetic measurement systems. *Journal of Biomechanics*, 43, 1983–1988.
- Wang, J., Yang, P., Ho, W., Shiang, T. (2015). Determine an effective golf swing by swing speed and impact precision tests. *Journal of Sport and Health Science*, 4, 244-249
- Wright, I. (2008). Motion capture in golf. *Annual Review of Golf Coaching*, 161-182
- Wulf, G. & Su, J. (2007). An external focus of attention enhances golf shot accuracy in beginners and experts. *Res Q Exerc Sport*, 78(4), 384-9.
- Wulf, G. Lauterbach, B. & Toole, T. (1999). The learning advantages of an external focus of attention in golf. *Res Q Exerc Sport*, 70(2), 120-6.
- Wu, G., Siegler, S., Allard, P. et al. (2002). ISB recommendation on definitions of joint coordinate system of various joints for the reporting of human joint motion-part I: ankle, hip, and spine. International Society of Biomechanics. *Journal of Biomechanics*, 35(4), 543-548.
- Wu, G., van der Helm, F.C. T., Veeger, H. E. et al. (2005). ISB recommendation on definitions of joint coordinate systems of various joints for the reporting of human joint motion - Part II: shoulder, elbow, wrist and hand. *Journal of Biomechanics*, 38, 981-992.
- Zhang, X. & Shan, G. (2013). Where do golf driver swings go wrong? Factors influencing driver swing consistency. *Scand J Med Sci Sports*, 24(5), 749-57. doi: 10.1111/sms.12061
- Zhang, J., Novak, A. C., Brouwer, B. & Li, Q. (2013). Concurrent validation of Xsens MVN measurement of lower limb joint angular kinematics. *Physiol Meas.*, 34, 63–69. doi:10.1088/0967-3334/34/8/N63

LISTA DE FIGURAS E TABELAS

Figuras

Figura 1. Esquema representativo de uma rotação XYZ.....	4
Figura 2. Esquema dos eventos do swing	8
Figura 3. Passos da cinemática do segmento e calibração	20
Figura 4. Setup completo	24
Figura 5. Gráfico de output para o X-Factor – amplitude.....	43

Tabelas

Tabela 1. Definição dos eventos do swing.....	9
Tabela 2. Especificações do sensor MTx	18
Tabela 3. Sequências de rotação utilizadas	22
Tabela 4. Localização da colocação dos MTx.....	23
Tabela 5. Resumo dos estudos considerados para análise sobre variáveis	34/35
Tabela 6. Variáveis cinemáticas e sua significância	37/38
Tabela 7. Eventos em estudo dos ângulos articulares	39
Tabela 8. Eventos em estudo das velocidades angulares	40
Tabela 9. Resultados do questionário a treinador e jogador.....	42

APÊNDICE A1

Fichas de registo da avaliação do swing para treinadores

CARTA CONVITE AOS PARTICIPANTES

Caro (a) Treinador

Os nossos nomes são Ricardo Matias, docente e investigador do Departamento de Fisioterapia da Escola Superior de Saúde (ESS) de Setúbal, e Gonçalo Ramos, aluno do Mestrado em Fisioterapia em Condições Músculo-esqueléticas da ESS. Estamos a desenvolver um projeto de investigação com o objetivo de desenvolver um protocolo de análise cinemática do *swing* do golfe.

O seu contributo consistirá em analisar e classificar cada *swing* realizado por um jogador, ao vivo. Os dados cinemáticos destes *swings*, serão recolhidos utilizando um sistema com sensores não invasivos que serão acoplados ao corpo do jogador, e tratados posteriormente. A realização destes exercícios será feita no *driving range* do Centro Nacional de Formação de Golfe do Jamor.

Considerando que a realização deste estudo só será possível com a sua participação, agradecemos antecipadamente a sua colaboração e a ela faremos menção no resultado final.

Caso surja alguma dúvida por favor não hesite em contactar-nos através do número 964443261 ou através do seguinte endereço eletrónico: gon.ramos.ft@gmail.com.

Com os melhores cumprimentos,

Carta explicativa do estudo aos participantes

O meu nome é Gonçalo Ramos, estudante do Mestrado em Fisioterapia, em condições músculo-esqueléticas, organizado pela Escola Superior de Saúde do Instituto Politécnico de Setúbal. Este trabalho integra-se na dissertao do seu trabalho final. O objetivo é desenvolver um protocolo de análise cinemática do *swing* do golfe utilizando o sistema Xsens, que se traduzir na criao de um relatórios gráficos que traduziram os swings do jogador.

Os dados recolhidos e gerados poderão ser usados para melhoria da performance do *swing*, como ferramenta complementar para o treinador ou o próprio jogador.

Todos os dados pessoais e cinemáticos recolhidos serão codificados e utilizados apenas no âmbito cientifico, podendo ser divulgados única e exclusivamente neste contexto, estando assim salvaguardada a confidencialidade e anonimato dos participantes no estudo.

De forma a efetuar este trabalho, será pedido ao jogador que efetue 20 *shots* com o seu ferro 5, tentando colocar a bola o mais perto possível de uma marca/bandeira previamente designada.

Para se analisar digitalmente o swing, o jogador utilizar um sistema de análise de movimento de corpo inteiro composto por 17 sensores acoplados a um conjunto de tiras de velcro que serão colocadas em segmentos e localizaes específicas dos membros inferiores e superiores do corpo humano, permitindo o uso de roupas confortáveis, pois não existe qualquer impedimento em colocar as tiras de velcro sobre a pele ou em cima de roupas. Cada sensor (MtX)  composto por um pequeno invólucro em PVC que acomoda no seu interior um pequeno giroscópio, um magnetmetro e um sensor inercial. Para que o sistema Xsens permita a obteno do movimento humano os MtX estarão interligados entre si através de cabos próprios que terminam em dois dispositivos (XBus) um pouco maiores colocados na parte posterior do corpo. Os XBus incorporam quatro pilhas recarregáveis (AA (R6)) que fornecem energia aos MtX colocados nas cintas e transmitem o sinal de todo o conjunto em tempo real, por via Bluetooth, a dois recetores conectados com um cabo USB a um computador.

O sistema Xsens não representa qualquer risco para a saúde do utilizador, podendo no entanto experienciar algum desconforto relacionado com a colocao e ajuste das tiras de velcro, que

poderá ser reajustado de forma a diminuir o desconforto, embora este desapareça ao fim de poucos minutos.

Ao treinador será pedido que preencha a folha “Grelha para classificação do swing pelos treinadores”, onde lhe será pedido que faça uma avaliação de cada swing, segundo uma escala numérica de 1 a 5, para cada uma de cinco dimensões categorizadoras do swing, e ainda uma classificação conjunta com o jogador, no que toca ao resultado final da bola, de 1 a 3. Serão ainda recolhidos dados de caracterização do treinador.

A sua participação neste estudo é voluntária podendo recusar-se a participar no mesmo a qualquer momento, sem qualquer tipo de consequência para si. No caso de decidir abandonar o estudo, a sua relação com a Escola Superior de Saúde do Instituto Politécnico de Setúbal (ESS-IPS) não será afetada.

Assinatura do Consentimento Informado, Livre e Esclarecido - Treinador

Li (ou alguém leu para mim) o presente documento e estou consciente do que esperar quanto à minha participação no estudo. Tive a oportunidade de colocar todas as questões e as respostas esclareceram todas as minhas dúvidas. Assim, aceito voluntariamente participar neste estudo. Foi-me dada uma cópia deste documento.

O Participante

_____, ____ de _____ de 201_

Investigador/Equipa de Investigação

Os aspetos mais importantes deste estudo foram explicados ao participante antes de solicitar a sua assinatura. Uma cópia deste documento ser-lhe-á fornecida.

Investigador responsável pelo estudo:

Caracterização do treinador

Nome: _____

Idade: _____

Sexo: M____ F____

Anos de experiência como treinador: _____

Nível de treinador: _____

Código treinador (a preencher pelos investigadores): _____

4. Registo da avaliação do swing pelos treinadores

PROPOSTADE REGISTO BASEADA NA QUALIDADE DO SWING

(a avaliação do resultado poderá vir a ser integrada, tendo em conta o teste da
1ª versão de registo)

A preencher pelo investigador

Código treinador_____

Código jogador _____

Código sessão _____

Data____/____/____

Pretende-se nesta avaliação que classifique o seu swing. Esta classificação deverá ser **entre 1 e 5**
(1-muito mau; 2-mau; 3-médio; 4-bom; 5-muito bom), de forma genérica.

Esta avaliação do swing será realizada de forma idêntica pelos jogadores, sendo que as duas
avaliações devem ser independentes.

Número Swing	NOTA (1 a 5)	Observações
01		
02		
03		
04		
05		
06		
07		
08		
09		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		

APÊNDICE A2

Fichas de registo da avaliação do swing para jogadores

CARTA CONVITE AOS PARTICIPANTES

Caro (a) Jogador

Os nossos nomes são Ricardo Matias, docente e investigador do Departamento de Fisioterapia da Escola Superior de Saúde (ESS) de Setúbal, e Gonçalo Ramos, aluno do Mestrado em Fisioterapia em Condições Músculo-Esqueléticas da ESS. Estamos a desenvolver um projeto de investigação com o objetivo de desenvolver um protocolo de análise cinemática do *swing* do golfe.

O seu contributo consistirá em realizar um conjunto de *swings*, cujos dados cinemáticos serão recolhidos. A realização destes exercícios será feita no *driving range* do Centro Nacional de Formação de Golfe do Jamor. Será para tal utilizado um sistema com sensores não invasivos que serão acoplados ao corpo, ou através de fitas de velcro, ou através de um colete. Ser-lhe-á ainda pedido que faça uma auto-classificação de cada *swing* realizado.

Considerando que a realização deste estudo só será possível com a sua participação, agradecemos antecipadamente a sua colaboração e a ela faremos menção no resultado final.

Caso surja alguma dúvida por favor não hesite em contactar-nos através do número 964443261 ou através do seguinte endereço eletrónico: gon.ramos.ft@gmail.com.

Com os melhores cumprimentos,

Carta explicativa do estudo aos participantes

O meu nome é Gonçalo Ramos, estudante do Mestrado em Fisioterapia, em condições músculo-esqueléticas, organizado pela Escola Superior de Saúde do Instituto Politécnico de Setúbal. Este trabalho integra-se na dissertação do seu trabalho final. O objetivo é desenvolver um protocolo de análise cinemática do *swing* do golfe utilizando o sistema Xsens, que se traduzirá na criação de um relatórios gráficos que traduziram os swings do jogador.

Os dados recolhidos e gerados poderão ser usados para melhoria da performance do swing, como ferramenta complementar para o treinador ou o próprio jogador.

Todos os dados pessoais e cinemáticos recolhidos serão codificados e utilizados apenas no âmbito científico, podendo ser divulgados única e exclusivamente neste contexto, estando assim salvaguardada a confidencialidade e anonimato dos participantes no estudo.

De forma a efetuar este trabalho, será pedido ao jogador que efetue 20 *shots* com o seu ferro 5, tentando colocar a bola o mais perto possível de uma marca/bandeira previamente designada. Será permitido ao jogador que faça um treino de aquecimento e habituação ao sistema. Será ainda feita uma breve caracterização do jogador.

Para analisar digitalmente o swing, o jogador utilizará um sistema de análise de movimento de corpo inteiro composto por 17 sensores acoplados a um conjunto de tiras de velcro que serão colocadas em segmentos e localizações específicas dos membros inferiores e superiores do corpo humano, permitindo o uso de roupas confortáveis, pois não existe qualquer impedimento em colocar as tiras de velcro sobre a pele ou em cima de roupas. Cada sensor (MtX) é composto por um pequeno invólucro em PVC que acomoda no seu interior um pequeno giroscópio, um magnetómetro e um sensor inercial. Para que o sistema Xsens permita a obtenção do movimento humano os MtX estarão interligados entre si através de cabos próprios que terminam em dois dispositivos (XBus) um pouco maiores colocados na parte posterior do corpo. Os XBus incorporam quatro pilhas recarregáveis (AA (R6)) que fornecem energia aos MtX colocados nas cintas e transmitem o sinal de todo o conjunto em tempo real, por via Bluetooth, a dois recetores conectados com um cabo USB a um computador.

O sistema Xsens não representa qualquer risco para a saúde do utilizador. Durante a realização dos testes o utilizador poderá experienciar algum desconforto relacionado com a colocação e ajuste das tiras de velcro, que deve ser transmitido de imediato aos responsáveis pelo teste para que as tiras de velcro possam ser reajustadas de forma a diminuir o desconforto, embora este desapareça ao fim de poucos minutos.

Ao jogador será pedido que preencha a folha “Grelha para classificação do swing pelos jogadores”, onde lhe será pedido que faça uma auto-avaliação de cada swing, segundo uma escala numérica de 1 a 5, para cada uma de cinco dimensões categorizadoras do swing, e ainda uma classificação conjunta com o treinador (registada por este último), no que toca ao resultado final da bola, de 1 a 3. Poderá ainda ser pedido por parte dos investigadores que realize propositadamente alterações (erros propositados) no seu swing. Serão ainda recolhidos dados de caracterização do jogador.

A sua participação neste estudo é voluntária podendo recusar-se a participar no mesmo a qualquer momento, sem qualquer tipo de consequência para si. No caso de decidir abandonar o estudo, a sua relação com a Escola Superior de Saúde do Instituto Politécnico de Setúbal (ESS-IPS) não será afetada.

Assinatura do Consentimento Informado, Livre e Esclarecido - Jogador

Li (ou alguém leu para mim) o presente documento e estou consciente do que esperar quanto à minha participação no estudo. Tive a oportunidade de colocar todas as questões e as respostas esclareceram todas as minhas dúvidas. Assim, aceito voluntariamente participar neste estudo. Foi-me dada uma cópia deste documento.

O Participante

_____, ____ de _____ de 201__

Investigador/Equipa de Investigação

Os aspetos mais importantes deste estudo foram explicados ao participante antes de solicitar a sua assinatura. Uma cópia deste documento ser-lhe-á fornecida.

Investigador responsável pelo estudo:

Caracterização do jogador

Código jogador (a preencher pelos investigadores):

Nome: _____

Idade: _____

Altura: _____

Peso: _____

Sexo: M____ F____

Lateralidade: _____

HCP se aplicável: _____

Ano em que se tornou profissional (se aplicável): _____

Historial de lesões:

4. Registo da avaliação do swing pelos jogadores

PROPOSTA DE REGISTO BASEADA NA QUALIDADE DO SWING

(a avaliação do resultado poderá vir a ser integrada, tendo em conta o teste da 1ª versão de registo)

A preencher pelo investigador

Código treinador _____

Código jogador _____

Código sessão _____

Data ____/____/____

Pretende-se nesta avaliação que classifique o seu swing. Esta classificação deverá ser **entre 1 e 5** (1-muito mau; 2-mau; 3-médio; 4-bom; 5-muito bom), de forma genérica.

Nos *swings* em que seja pedido um erro, a auto-classificação deverá ser como se fosse uma avaliação externa, isto é, tendo em conta o erro.

Esta avaliação do swing será realizada de forma idêntica pelos treinadores, sendo que as duas avaliações devem ser independentes.

Número Swing	NOTA (1 a 5)	Observações
01		
02		
03		
04		
05		
06		
07		
08		
09		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		

APÊNDICE B

Questionário a treinadores e jogadores sobre variáveis e output do protocolo

Questionário

O meu nome é Gonçalo Ramos, sou fisioterapeuta e aluno do Mestrado em Condições músculo-esqueléticas organizado pela Escola Superior de Saúde do Instituto Politécnico de Setúbal (ESS-IPS). O questionário que se segue integra o meu trabalho da unidade curricular de Trabalho de Projeto, especificamente à dissertação final.

O trabalho tem como objetivo contribuir para as capacidades avaliativas do Laboratório de Análise do Movimento Humano integrado na ESS-IPS. Para tal, o estudo da literatura permitiu-nos verificar não haver dados científicos organizados no sentido de perceber quais as variáveis cinemáticas (que envolvem, na prática, os ângulos articulares, velocidades e acelerações) a analisar relativamente ao swing do golfe, nem protocolos de avaliação adaptados aos sistemas utilizados no nosso laboratório.

Assim, este trabalho integra duas partes fundamentais:

- Definição das variáveis de interesse;
- Desenvolvimento de um protocolo de análise cinemática

Neste sentido, venho por este meio solicitar a vossa colaboração através do preenchimento do questionário que segue, destinado a ter feedback por parte dos intervenientes diretos na avaliação – treinadores e jogadores – acerca das variáveis importantes na análise do swing.

Pretende-se recolher a sua opinião sobre 1) se as variáveis selecionados são relevantes para caraterizar e otimizar o swing, e se considera existirem variáveis que não são apresentadas, mas necessárias na avaliação do swing; 2) se considera um gráfico como o apresentado, como sendo de valorizar e com mais valias na integração no contexto do treino.

O anonimato dos participantes e a confidencialidade das suas respostas estão garantidas, e serão utilizadas exclusivamente para fins académicos e científicos.

A vossa resposta pessoal e sincera é muito importante para a continuidade desta investigação, pelo que agradeço desde já a disponibilidade para contribuir para este trabalho.

Gonçalo de Brito Ramos

28 de novembro de 2015

1. VARIÁVEIS DE CARACTERIZAÇÃO DO SWING

1.1. Considera as variáveis apresentadas, em termos de “quantidade de movimento”/amplitude articular, como relevantes para caraterizar o swing? Resposta Sim ou Não, e porquê.

Variáveis – Ângulos articulares		RESPOSTA		
		Sim	Não	JUSTIFICAÇÃO
	X-Factor			
Coluna	Flexão / extensão			
	Flexão lateral			
Ombro esquerdo	Flexão / extensão			
	Rotações			
	Adução/ abdução			
Ombro direito	Flexão / extensão			
	Rotações			
Cotovelo esquerdo	Flexão / extensão			
Cotovelo direito	Flexão / extensão			
Punho esquerdo	Flexão / extensão			
	Desvios			
Punho direito	Desvios			
Anca esquerda	Rotações			
	Adução/ abdução			
Anca direita	Flexão / extensão			
	Adução/ abdução			
Joelho esquerdo	Flexão / extensão			

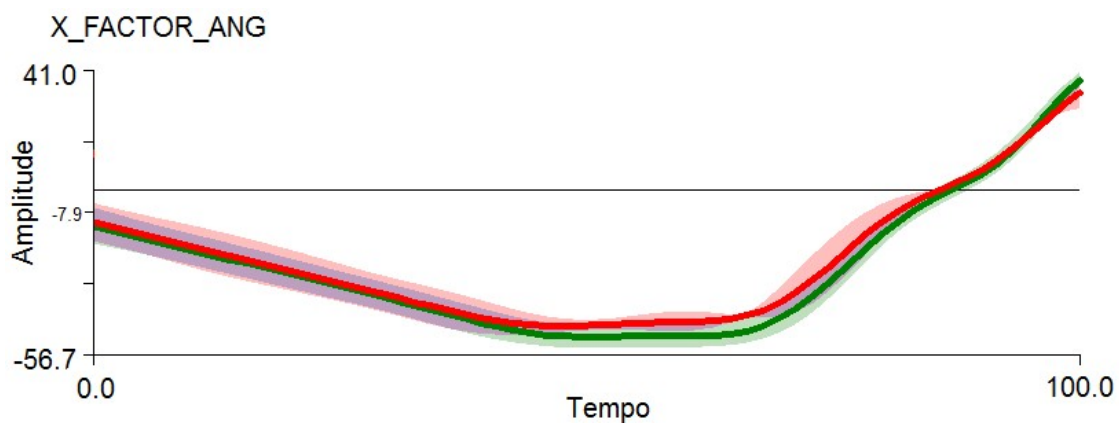
1.2. Considera as variáveis apresentadas, em termos de “velocidade do movimento”/velocidade angular, como relevantes para caracterizar o swing? Resposta Sim ou Não, e porquê.

Variáveis – Velocidades angulares		RESPOSTA		
		Sim	Não	JUSTIFICAÇÃO
Coluna	X-Factor			
	Flexão lateral			
Ombro esquerdo	Flexão / extensão			
	Rotações			
	Adução/abdução			
Ombro direito	Flexão / extensão			
	Rotações			
	Adução/abdução			
Cotovelo direito	Flexão / extensão			
Punho esquerdo	Desvios			
Anca esquerda	Flexão / extensão			
	Adução/abdução			
Joelho esquerdo	Flexão / extensão			

1.3 Considera existirem outras variáveis cinemáticas importantes para a avaliação e otimização do swing, e que não estão incluídas nas tabelas acima?

Resposta:

2) O gráfico abaixo representa o X-Factor de um jogador, entre o topo do swing e o followthrough. A linha vermelha representa a média dos swings considerados maus, e a verde a dos considerados bons. Ambas têm, de fundo, e com a respetiva cor, o seu desvio-padrão.



Considera ser relevante a informação retirada do gráfico, com aplicabilidade no treino?

Resposta: